Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

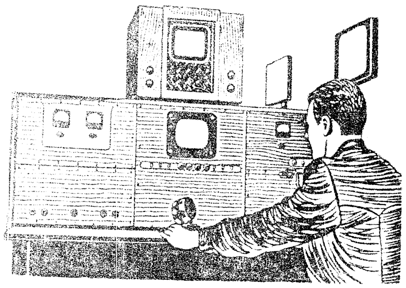
DOCUMENT

№ 03

МАССОВАЯ РАДИО-БИБЛИОТЕКА

В. С. ВОВЧЕНКО

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ЦЕНТР

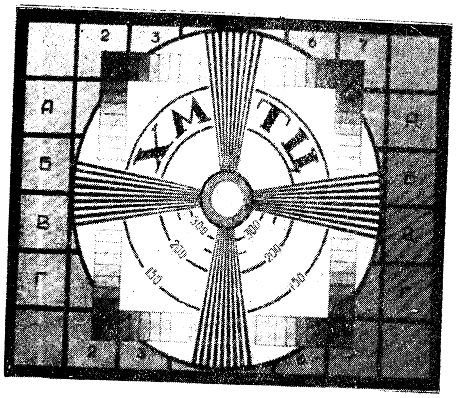


ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03



Испытательная таблица ХМТЦ.

Образец изображения, передаваемого ХМТЦ
(сфотографировано с экрана телевизора).

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 127

В. С. ВОВЧЕНКО

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ЦЕНТР

Рекомендовано Управлением технической подготовки Оргкомитета Всесоюзного добровольного общества содействия армии, авиации и флоту СССР в качестве пособия для радиоклубов и радиокружков

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

51068

В брошюре приводится описание Харьковского телевизионного центра, построенного группой радиолюбителей. Брошюра рассчитана на радиолюбителя, знакомого с общими принципами телевизионной техники.

За разработку и постройку телевизионного центра группе харьковских радиолюбителей: В. С. Вовченко, А. Я. Хромову, В. Ю. Рязанцеву, В. О. Исаенко, Ф. И. Маколову, В. М. Столярову, В. М. Дворникову и И. С. Тургеневу на 9-й выставке радиолюбительского творчества присуждена первая премия Министерства связи в сумме 15 000 руб., присуждаемая «... за выдающиеся конструкции радиоаппаратуры и радиоприборов, имеющих значение для радиосвязи и радиофикации».

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Упрощение передающей телевизионной аппаратуры 5
Харьковский малый телевизионный центр 12
Налаживание аппаратуры 50
Результаты и целесообразные изменения тракта сигналов изображения 70

Редактор *Л. В. Троицкий.* Технич. редактор *А. М. Фридкин.*

Сдано в набор 12/IX 1951 г. Подписано к печати 23/XI 1951 г.
Бумага 82×108 1/32. 1 1/8 бумажн. лист., 3,69 п. л. Уч.-изд. л. 4,2.
Т-08979 Тираж 10 000 экз. Заказ № 1355.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Телевидение в настоящее время достигло большой степени совершенства. Воплощая в себе все новейшие достижения электротехники, радиотехники, оптики, телевидение вылилось в самостоятельную отрасль техники. Большая потребность в телевидении, как в средстве, блестяще дополняющем Ленинскую газету «без бумаги и расстояния», ни у кого не вызывает сомнения.

Но, несмотря на огромные достижения в области телевизионной техники, пока еще не найдено достаточно простого и приемлемого решения проблемы передачи телевизионных сигналов на большое расстояние. Это обстоятельство сильно тормозит развитие массового телевидения, и работать в области практического применения телевизионной техники пока имеет возможность сравнительно ограниченный круг специалистов и радиолюбителей.

Известно, однако, какую важную роль сыграло радиолюбительское движение в деле развития радиотехники. Изобретательность радиолюбителей могла бы сослужить немалую службу и в деле развития телевизионной техники, но для этого надо, чтобы радиолюбители имели определенную техническую базу для своего экспериментирования, необходимо развязать их творческую инициативу. До настоящего времени этому препятствует небольшое количество регулярно действующих телевизионных центров.

Каков же выход? Каким образом предоставить возможность многим тысячам радиолюбителям городов, не имеющих телевизионных центров, все же включиться в это интересное и важное дело?

Выход может быть найден самими радиолюбителями. Как показывает опыт харьковчан, группе квалифицированных радиолюбителей при активной поддержке партийных и общественных организаций оказываются под силу разработка и изготовление аппаратуры малого телевизионного

1*

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

центра. Несмотря на вынужденное упрощение некоторых узлов, такое строительство вполне себя оправдывает, так как представляет реальную возможность широкой массе радиолюбителей города заняться этой интереснейшей областью радиотехники.

Не следует, однако, переоценивать силы радиолюбителей-строителей телевизионных центров. Строительство сложного, оборудованного по последнему слову телевизионной техники телевизионного центра будет им не под силу. С другой стороны, чрезмерное упрощение также нецелесообразно, так как низкое качество передаваемого изображения делает всю работу по строительству бессмысленной. Необходимо правильно выбрать параметры будущего телевизионного центра и глубоко продумать схемы аппаратуры.

В настоящей брошюре приведены краткие соображения по вопросу выбора параметров телевизионного центра и даны схемы аппаратуры такого центра, построенного в г. Харькове. Приведенные схемы передающей телевизионной аппаратуры нельзя считать совершенными. Они предлагаются читателю как примерное решение вопроса, как материал для начального толчка в творческой работе радиолюбителей. Нет сомнения в том, что и в других городах нашей обширной страны творческий ум радиолюбителей даст новый, более богатый материал. Все же схемы, практически осуществленные в Харькове, дают вполне удовлетворительные результаты и позволяют решить основную задачу, проявить творческую инициативу радиолюбителей.

Наша страна является родиной радио. У нас зародилось также и телевидение. Работы А. Г. Столетова, Б. Л. Розинга, П. В. Шмакова, С. И. Катаева и других ученых и специалистов сыграли решающую роль в создании современных способов передачи изображения по радио. Колоссальная работа была проделана нашими специалистами в деле создания телевизионной системы наивысшей в мире четкости. Нет сомнения в том, что наше телевидение — самое высококачественное — будет также и самым массовым. В этом деле не последнюю роль должны сыграть малые любительские телевизионные центры.

УПРОЩЕНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ

Не останавливаясь подробно на принципах работы системы передачи изображения, отметим, что для ее осуществления необходимо решить ряд электротехнических и радиотехнических задач. Для этой цели необходимо усилить и передать на значительное расстояние сигнал, образующийся на нагрузочном сопротивлении передающей трубки. Эта задача не особенно проста, если учесть, что сигнал должен быть усилен при минимальных частотных и фазовых искажениях. Дело осложняется еще тем, что частотный спектр сигнала изображения занимает сравнительно широкую полосу частот (от 50 *гц* до нескольких мегагерц). Далее, необходимо заставить электронные лучи передающей и приемных трубок перемещаться по определенному закону, так, чтобы образовался телевизионный растр. Электронные лучи трубок перемещаются под воздействием магнитного поля отклоняющих катушек, которые питаются пилообразным током. Чтобы заставить электронные лучи перемещаться строго определенно, необходимо на две системы отклоняющих катушек — кадровые (вертикальное отклонение) и строчные (горизонтальное отклонение) — подать два пилообразных тока различной частоты. А чтобы лучи в передающей и приемной трубках перемещались строго синхронно, необходимо работу генераторов пилообразных токов на передатчике и на приемнике строго синхронизировать. Значит, телевизионный передатчик должен передавать не только сигналы изображения, но и сигналы синхронизации (строчные и кадровые), которые синхронизовали бы работу генераторов пилообразного тока в телевизоре.

Но это еще не все сигналы, которые должны вырабатываться передатчиком. Обратный ход электронного луча приемной трубки, если его не погасить, будет портить изо-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

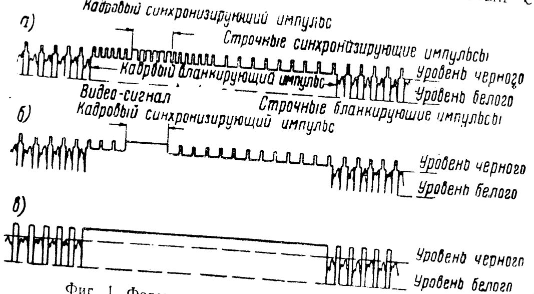
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

бражение. Чтобы этого не происходило, передатчик вырабатывает так называемые бланкирующие импульсы (кадровые и строчные), которые в момент обратного хода луча запирают приемную трубку.

Наконец, при работе с иконоскопом (передающая трубка) на его нагрузке, помимо полезного сигнала, возникают паразитные сигналы, образующие на экране телевизора темные пятна. Эти сигналы можно частично компенсировать напряжением специальной формы — сигналом компенсации черного пятна, который и вводится в телевизионный сигнал. Таким образом, полный телевизионный сигнал, вырабатываемый передатчиком, включает в своем составе: *1*—сигнал изображения; *2* — кадровые и строчные бланкирующие импульсы; *3* — кадровые и строчные синхронизирующие импульсы и *4* — сигнал компенсации черного пятна.



Фиг. 1. Форма полного телевизионного сигнала.
а—при чересстрочной развертке; *б* и *с*—в случае прогрессивной развертки.

После смешивания всех этих сигналов и импульсов полный телевизионный сигнал приобретает вид, показанный на фиг. 1. На фиг. 1,*а* показан сигнал для случая чересстрочной развертки, применяемой в большинстве современных телевизионных передатчиков. При прогрессивной развертке телевизионный сигнал значительно упрощается (фиг. 1,*б* и 1,*в*), но его составные элементы остаются те же.

Телевизионный сигнал, пройдя весь канал связи, управляет током луча кинескопа (приемной трубки) и осуществляет синхронизацию разверток телевизора. Величина сигнала определяет яркость свечения экрана кинескопа в определенном месте (на фиг. 1 отмечены уровни черного

и белого). Так как бланкирующие импульсы в основном предназначены для гашения обратного хода, то их вершины должны всегда соответствовать уровню черного. Сигнал изображения может располагаться на различных уровнях в зависимости от содержания картинки (светлый или темный фон), вследствие чего высота бланкирующих импульсов будет большей при светлом фоне картинки и меньшей — при темном. Это свойство бланкирующих импульсов используется для управления средней освещенностью. Итак, мы видим, что для передачи изображения необходимо передать не только собственно сигнал изображения (видеосигнал), но и ряд вспомогательных импульсов и напряжений, воплощенных в конечном счете в телевизионном сигнале.

Упрощение схемы видеотракта можно осуществить за счет упрощения формы телевизионного сигнала. Посмотрим, какие имеются возможности в этом направлении.

Как мы уже указывали, современные телевизионные центры применяют исключительно чересстрочный способ развертки, который по сравнению с прогрессивной разверткой позволяет сузить полосу частот при равных количествах строк и передаваемых кадров в секунду.

Чересстрочный способ развертки несколько упрощает налаживание усилителей сигналов изображения, модулятора и передатчика, но зато при прогрессивной развертке значительно упрощается форма телевизионного сигнала (ср. фиг. 1,*б* с фиг. 1,*а*).

Обычно бланкирующие импульсы несколько шире синхронизирующих, но если примириться с искажениями растра на самых краях картинки, которые обычно перекрываются бланками, и прикрыть эти искажения рамкой на приемной трубке, то телевизионный сигнал еще больше упростится (фиг. 1,*в*). Попытка упростить форму телевизионного сигнала при чересстрочной развертке не приводит к положительным результатам.

При прогрессивной развертке значительно упрощается блок формирования импульсов: он может оказаться настолько простым, что его нет надобности собирать на отдельном шасси; кроме того, в этом случае нет большой необходимости во взаимной синхронизации строчного и кадрового генераторов разверток. В случае отсутствия синхронизации между строчным и кадровым генераторами строки будут перемещаться в вертикальном направлении, однако при четкости более 300 строк они почти незаметны, а вертикальное их перемещение не вызывает у зрителя неприятного ощущения.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Зато при отсутствии взаимной синхронизации отпадает надобность в сложном и трудно налаживаемом блоке — синхрогенераторе.

Что же предпочтительнее применить: чересстрочный способ развертки и упростить усилители или же прогрессивную развертку и значительно упростить системы синхронизации и формирования импульсов?

Для решения этого необходимо окончательно решить вопрос о четкости и количестве передаваемых кадров в секунду.

Из соображений сужения полосы частот целесообразно передавать то минимальное количество кадров в секунду, при котором телевизионную передачу можно смотреть без заметного мерцания. Таким минимумом являются 50 кадров в секунду. При 25 кадрах в секунду мерцание довольно сильно утомляет зрителя. С другой стороны, желательно, чтобы стандарты любительских телевизионных центров мало отличались от общесоюзного стандарта, на который рассчитываются фабричные телевизоры. Из этих соображений также надо остановиться на частоте смены кадров, равной 50.

Далее, необходимо задаться четкостью передаваемого изображения. Передающую аппаратуру на четкость более чем 350 строк радиолюбителям будет довольно трудно осуществить, а четкость менее 240 строк применять нецелесообразно. Известно, однако, что четкость порядка 300—320 строк дает вполне удовлетворительное качество изображения, особенно при передаче кинофильмов. Весь канал при этом необходимо рассчитать на полосу пропускания порядка 3,5 *мггц*. Конечно, канал на 1,7 *мггц* (при чересстрочной развертке) было бы легче осуществить, но зато, как было указано, при прогрессивной развертке коренным образом упрощается система формирования синхронизирующих импульсов. Кроме того, более широкополосный канал позволит в дальнейшем, когда коллектив строителей приобретет опыт постройки телевизионной аппаратуры, перейти на более высокий стандарт четкости с применением чересстрочной развертки. Рекомендуемая четкость выгодна и в том отношении, что у фабричных телевизоров не надо переделывать развертывающих устройств. Как известно, телевизоры рассчитываются на стандарт четкости 625 строк при чересстрочной развертке. Это соответствует частоте строчного генератора 15 625 *гц*. Частота строчного генератора для 320 строк при прогрессивной развертке равна 16 000 *гц*. Фабричные телевизоры на такой частоте хорошо синхронизуются.

Таким образом, четкость 320 строк, частота смены кадров — 50 в секунду и прогрессивная развертка являются тем компромиссным решением вопроса, при котором можно получить вполне удовлетворительное изображение, а изготовление всего тракта будет доступно для радиолюбителей.

До сего времени мы рассматривали вопросы, касающиеся видеотракта и возможности его упрощения. Но телевизионный центр, помимо этого тракта, в котором образуется телевизионный сигнал, включает в свой состав еще студию, кинопроекционную, передатчик сигналов изображения и аппаратуру для передачи звукового сопровождения.

Известно, что постройка студии—дело чрезвычайно сложное и дорогостоящее. Но в любительском телевизионном центре можно обойтись и без студии, ограничив программу передач кинофильмами. Это значительно удешевит и упростит строительство. При передаче кинофильмов число видеоканалов может быть доведено до двух и даже до одного (при оптической коммутации), что также существенно удешевляет строительство.

Принципиально передатчик сигналов изображений мало отличается от обычных радиопередатчиков звукового вещания. Основное отличие состоит в том, что при передаче сигналов изображения необходимо осуществить модуляцию значительно более широкой полосой частот, а это и налагает некоторую специфичность. Так, в телевизионных радиопередатчиках модуляция, как правило, осуществляется в оконечной ступени. Для связи модулятора с радиопередатчиком в данном случае не могут быть применены трансформаторы или дроссели с сердечниками из стали.

Упростить передатчик можно, уменьшив его мощность и отказавшись от кварцевой стабилизации частоты.

Какова же минимальная мощность радиопередатчика изображения, которая обеспечила бы выполнение поставленных задач?

Этот вопрос прежде всего зависит от задач, поставленных перед строительством, и в каждом отдельном случае решается особо, в зависимости от радиуса действия, который должен обеспечить телевизионный центр. Потребную мощность передатчика можно определить по формуле Б. А. Введенского:

$$E_m\ (мв/м) = 1\,200\,\pi\sqrt{P_\Sigma}\ \frac{h_1 h_2}{d_2 \lambda},$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

откуда

$$P_{\Sigma}=\left(\frac{E_m d^2 \lambda}{1200\pi h_1 h_2}\right)^2.$$

При условии, что напряженность поля в месте приема должна быть равна 1 *мв/м* и при высоте антенны передатчика $h_1=60$ *м* (0,06 *км*), высоте антенны приемника $h_2=10$ *м* (0,01 *км*), длине волны $\lambda=6$ *м* (0,006 *км*) и радиусе действия $d=10$ *км* мощность передатчика равна

$$P_{\Sigma}=\left(\frac{1\cdot 10\cdot 10\cdot 0{,}006}{1200\cdot 3{,}14\cdot 0{,}06\cdot 0{,}01}\right)^2=0{,}282\ \text{квт}.$$

Как видно из формулы, мощность передатчика можно уменьшить, если увеличить высоту передающей антенны или применить антенну с коэффициентом усиления больше единицы. В современных телепередатчиках обычно применяются многоэтажные турникетные антенны с коэффициентом усиления (по мощности) порядка 3—3,5. Но такие антенны довольно дороги и громоздки.

В выборе антенны нужно будет исходить из местных условий и возможностей. Если на местах не представится возможность изготовить трехэтажную турникетную антенну с плоскостными вибраторами, то можно ограничиться одноэтажной турникетной антенной, но при этом мощность передатчика должна быть увеличена.

Налаживание телевизионного передатчика представляет значительные трудности. Иногда от него не удается получить проектную мощность. Поэтому целесообразно использовать лампы, способные отдать мощность в 3—4 раза больше расчетной.

Несущую частоту радиопередатчика целесообразно избрать такой, на которую рассчитываются фабричные телевизоры. Согласно общесоюзному стандарту имеется три телевизионных канала:

1-й канал — несущая изображения — 49,75 *мггц* и несущая звука — 56,25 *мггц*; 2-й канал — несущая изображения — 59,25 *мггц* и несущая звука — 65,75 *мггц*; 3-й канал — несущая изображения — 77,25 *мггц* и несущая звука — 83,75 *мггц*.

Любительский телевизионный центр можно рассчитывать на любой из этих каналов, но целесообразнее применить первый, так как телевизоры «Москвич Т-1» и «Ленинград

Т-1» рассчитаны на прием только в диапазоне первого канала. Однако перестроить приемник на работу в другом канале довольно просто, и если по каким-либо соображениям выгоднее будет применить второй или третий канал, то с этим можно не считаться.

Звуковое сопровождение телевизионных передач можно осуществить несколькими способами: а) используя местную широковещательную станцию; б) используя средневолновую или коротковолновую радиостанции; в) используя для звукового сопровождения радиотрансляционную сеть города; г) ведя передачу звукового сопровождения на УКВ в отведенном для телевидения диапазоне с амплитудной модуляцией; д) ведя передачу звукового сопровождения на УКВ с частотной модуляцией.

Более целесообразна передача звукового сопровождения на УКВ, так как при этом можно вести прием на типовые телевизоры. Особенно желательно осуществление звукового сопровождения с частотной модуляцией. При этом фабричные телевизоры можно будет использовать без всяких переделок. Для облегчения изготовления передатчика звукового сопровождения в качестве частотного возбудителя и задающих ступеней можно использовать какую-либо УКВ радиостанцию, рассчитанную на работу с частотной модуляцией.

К этой радиостанции изготовляются умножитель частоты и выходная ступень. Таким образом, очень просто решается вопрос стабилизации частоты и частотной модуляции.

Все вышеизложенное позволяет прийти к выводу, что наиболее целесообразными параметрами любительского телевизионного центра будут следующие:

1. Четкость передаваемого изображения — 300 ÷ 320 строк.
2. Частота смены кадров — 50.
3. Развертка — прогрессивная.
4. Несущие частоты радиопередатчиков — 1-й или 2-й стандартный телевизионный канал.
5. Мощность передатчика сигналов изображения — 100 ÷ 200 *вт*.
6. Мощность ЧМ передатчика звукового сопровождения — 50 ÷ 100 *вт*.
7. Программа передач — кинофильмы.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

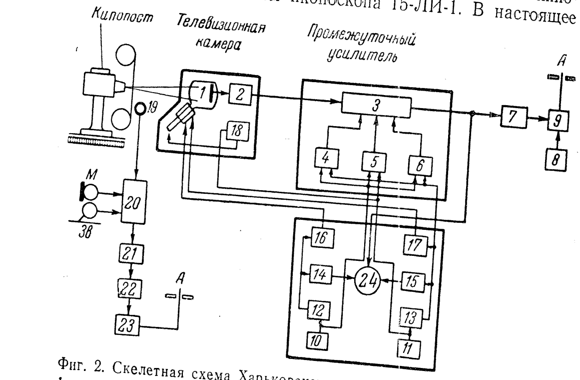
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

ХАРЬКОВСКИЙ МАЛЫЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ЦЕНТР

Скелетная схема

К моменту строительства Харьковского малого телевизионного центра в распоряжении его строителей не было высокочувствительных передающих трубок, поэтому на первом этапе программу было решено ограничить передачей кинофильмов с применением иконоскопа 15-ЛИ-1. В настоящее время наша промышленность выпускает передающие трубки повышенной чувствительности (СИ-10), с помощью которых можно осуществить студийные и актуальные передачи.



Фиг. 2. Скелетная схема Харьковского малого телевизионного центра.

1—передающая трубка (иконоскоп); *2*—предварительный усилитель; *3*—промежуточный усилитель сигналов изображения; *4*—цепь формирования сигнала компенсации черного пятна; *5*—цепь формирования бланкирующих импульсов; *6*—цепь формирования синхронизирующих импульсов; *7*—модулятор; *8*—задающий генератор; *9*—оконечная ступень тракта передачи сигналов изображения; *10*—задающий генератор строчной частоты; *11*—задающий генератор кадровой частоты; *12* и *13*—генераторы пилообразных напряжений; *14*—генератор строчной развертки кинескопа; *15*—генератор кадровой развертки кинескопа; *16*—генератор строчной развертки иконоскопа; *17*—генератор кадровой развертки кинескопа; *18*-ступень гашения обратного хода луча; *19*—фотоэлемент; *20*—усилитель низкой частоты звукового тракта; *21*—частотный возбудитель; *22*—удвоитель; *23*—выходная ступень звукового тракта; *24*—контрольный кинескоп.

На фиг. 2 изображена скелетная схема Харьковского телевизионного центра.

Сигнал изображения, снимаемый с нагрузки иконоскопа *1*, поступает в предварительный усилитель *2*, расположенный в камере. Здесь сигнал иконоскопа, равный 7 *мв*, усиливается до уровня 1,5 *в*. Дальнейшее увеличение амплитуды сигнала до 2—3 *в* происходит в промежуточном усилителе сигналов изображения *3*. Здесь же происходит «замешивание» сигнала компенсации черного пятна, бланкирующих и синхронизирующих импульсов, для чего на шасси усилителя *3* смонтированы дополнительные цепи для формирования сигнала компенсации черного пятна *4*, цепи формирования бланкирующих импульсов *5* и синхронизирующих импульсов *6*. В указанных цепях происходит преобразование импульсов напряжения строчного и кадрового задающих генераторов в необходимые сигналы и импульсы. На выходе промежуточного усилителя *3* образуется полный телевизионный сигнал, который поступает на контрольный кинескоп *24* и на передатчик *7*, *8*, *9*. Передатчик сигналов изображения имеет две ступени: задающий генератор *8* и усилитель мощности *9*. Модулятор *7* осуществляет сеточную модуляцию в выходной ступени.

Скелетная схема тракта усиления сигналов изображения отличается от общепринятой отсутствием следующих узлов: выделенного в отдельный блок линейного усилителя, отдельного блока формирования синхронизирующих и бланкирующих импульсов (для формирования этих импульсов в принятой схеме используются импульсы, образующиеся в блоке разверток) и установки взаимной синхронизации строк и кадров. Последнее обстоятельство освобождает от необходимости устройства синхрогенератора.

Система разверток состоит из: задающего генератора строчной частоты *10* (16 000 *гц*); задающего генератора кадровой частоты *11* (синхронизированного с напряжением сети 50 *гц*); генераторов пилообразных напряжений *12*, *13*; генераторов строчной *14* и кадровой *15* разверток кинескопа; генераторов строчной *16* и кадровой *17* разверток иконоскопа. Импульсы кадрового задающего мультивибратора подаются также в узел *18* для запирания луча иконоскопа при его обратном ходе.

Сигналы звукового сопровождения с фотоэлемента *19* или микрофона (звукоснимателя), пройдя усилитель *20*, поступают на частотный возбудитель *21*. Колебания высокой частоты удваиваются в ступени *22* и усиливаются в выходной ступени *23*.

Перейдем к разбору принципиальных схем узлов, изображенных на фиг. 2.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Предварительный усилитель сигналов изображения

На фиг. 3 приведена принципиальная схема камеры, включающая помимо предварительного усилителя иконоскоп и ступень гашения обратного хода, собранную на лампе Л-5. Первая ступень предварительного усилителя собрана на лампе 6Ж4 (6АС7). С целью улучшения соотношения сигнал-шумы эта лампа включена триодом. Утечка сетки лампы одновременно является нагрузочным сопротивлением иконоскопа.

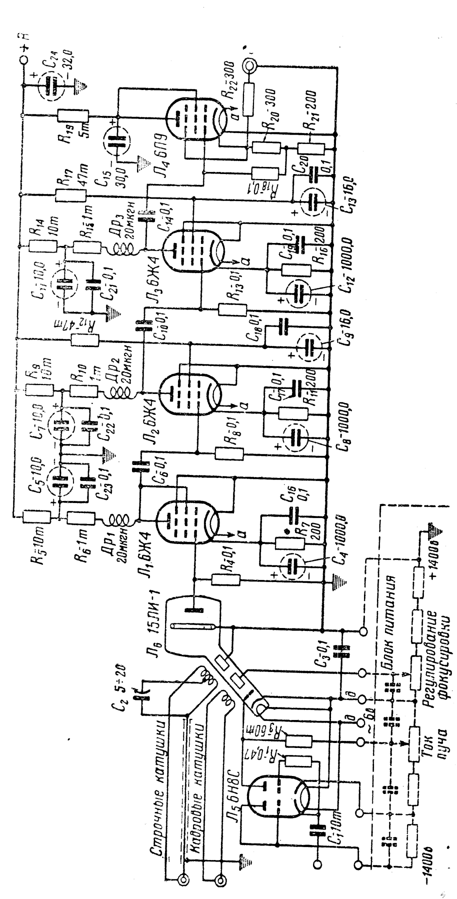
Для пропускания усилителем наиболее низких частот сопротивление R_7 шунтируется конденсатором 1 000 *мкф*. Анодная нагрузка ступени с целью равномерного усиления в полосе от 50 *гц* до 4 *мггц* состоит из трех элементов: сопротивления R_6, имеющего сравнительно малую величину, дросселя L_1, служащего для компенсации завала высоких частот, и цепи R_6—C_5, компенсирующей завал на низких частотах.

Наличие корректирующих цепей приводит к увеличению анодной нагрузки ступени на самых низких и самых высоких частотах, чем и компенсируется ослабление усиления.

Такие же цепи коррекции применены и в последующих двух ступенях, где лампы 6Ж4 включены пентодами. Усиление каждой ступени равно примерно 10. Выходная ступень собрана на лампе 6П9 (6AG7) по схеме катодного повторителя и служит для перехода на низкоомную нагрузку (коаксиальный кабель с волновым сопротивлением порядка 200 *ом*, посредством которого сигнал передается от камеры на промежуточный усилитель). Коэффициент усиления выходной ступени — около 0,6.

Конструкция шасси предварительного усилителя изображена на фиг. 4,*а*. Из особенностей монтажа следует обратить внимание на следующие моменты: проводник, соединяющий сигнальную пластину иконоскопа со входом усилителя, не экранируется и должен быть как можно короче и иметь минимальную емкость по отношению к земле. Возможно меньшую емкость должны иметь также сеточные и анодные цепи всех ступеней. Ламповые панельки устанавливаются так, чтобы против анодного гнезда первой ступени было сеточное гнездо второй.

Земляной провод выполняется в виде шинки, проходящей вдоль шасси и соединенной с последним в нескольких местах. В случае возникновения самовозбуждения необхо-



Фиг. 3. Принципиальная схема камеры.

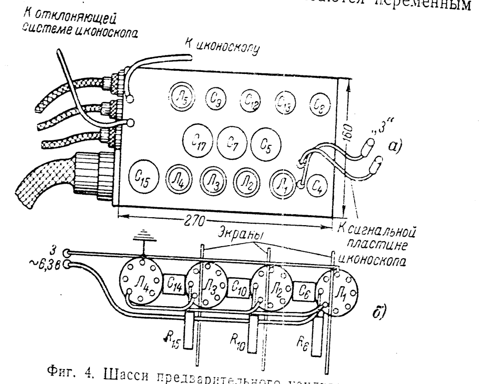
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

димо поставить экраны между сеточными и анодными цепями каждой ступени.

Бумажные конденсаторы, шунтирующие электролитические конденсаторы, должны находиться непосредственно у места подсоединения их в схеме, в то время как электролитические конденсаторы могут располагаться на значительном расстоянии. Особое внимание надо уделить накальным цепям в том случае, если нити ламп питаются переменным



Фиг. 4. Шасси предварительного усилителя.
а—расположение деталей на шасси; б—монтажная схема цепей накала.

током. На фиг. 4,б показана монтажная схема цепей накала. В каждом отдельном случае может оказаться необходимым несколько изменить направление проводников с целью полного устранения фона переменного тока.

Все цепи, связанные со схемой гашения обратного хода луча иконоскопа, описание которой приведено в разделе «Телевизионная камера», находятся под большим потенциалом по отношению к земле. Это должно быть учтено при устройстве крепления деталей, с тем чтобы не было пробоя изоляции на шасси.

Промежуточный усилитель сигналов изображения

На входе промежуточного усилителя (фиг. 5) включено компенсирующее звено, состоящее из сопротивлений R_2, R_3 и конденсатора C_1.

Из условий улучшения отношения сигнал-шумы нагрузку иконоскопа надо брать значительной величины, что приводит к недопустимым амплитудно-частотным и фазовым искажениям. Компенсация этих искажений осуществляется указанным выше звеном.

Практически компенсация осуществляется подбором емкости, поэтому конденсатор C_1 взят полупеременным.

В первой ступени промежуточного усилителя на лампе 6Ж4 происходит «замешивание» сигнала компенсации черного пятна, для чего сигнал вводится в катодную цепь лампы $Л_1$ через сопротивление R_5. Поскольку выходное сопротивление генератора компенсации черного пятна высокое, а сопротивление нагрузки, на которую он работает, всего 10 *ом*, необходимо произвести согласование, что и достигается применением катодного повторителя (лампа $Л_7$).

Во второй ступени осуществляется регулирование усиления путем изменения напряжения на экранирующей сетке лампы. В анод этой же ступени через развязывающее сопротивление R_{18} в отрицательной фазе вводятся бланкирующие импульсы величиной, намного превышающей величину сигнала изображения.

В следующей ступени ($Л_3$) бланкирующие импульсы ограничиваются путем изменения смещения на управляющей сетке лампы. Поскольку вершина бланкирующих импульсов всегда соответствует уровню «черного», то, изменяя их величину (R_{62}), можно менять среднюю освещенность картинки.

Выходная ступень работает на низкоомную нагрузку, вследствие чего она собрана по схеме катодного повторителя. В этой ступени «замешиваются» синхронизирующие импульсы. Катод лампы $Л_4$ соединен с катодом двойного триода $Л_5$; на сетки лампы $Л_5$ подведены синхронизирующие импульсы; благодаря такому соединению на катодном сопротивлении образуется полный телевизионный сигнал.

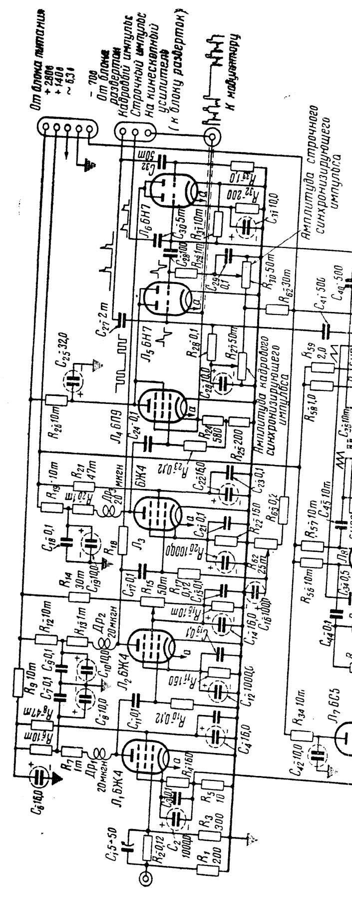
Бланкирующие импульсы по времени должны совпадать с моментом обратного хода луча кинескопа. В описываемой установке синхрогенератор отсутствует, поэтому для согласования разверток с бланкирующими и синхронизирующими импульсами последние формируются из импульсов напряжения, образующихся в цепях разверток контрольного кинескопа. Так, строчные бланкирующие импульсы формируются из импульсов напряжений, снимаемых с катода задающего мультивибратора.

Для формирования кадровых бланкирующих импульсов используются импульсы кадрового задающего мультивибра-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03



Фиг. 5. Принципиальная схема промежуточного усилителя.

тора, которые поступают от блока разверток на сетку двойного триода лампы $Л_6$. Поскольку величина импульсов равна 15— 20 *в*, то лампа их ограничивает, и на ее аноде образуются кадровые и строчные бланкирующие импульсы прямоугольной формы. Так как аноды ламп $Л_6$ и $Л_2$ соединены через развязывающее сопротивление, то образовавшиеся бланкирующие импульсы оказываются «замешанными» в сигнал изображения.

Синхронизирующие импульсы образуются из тех же напряжений, что и блокирующие. Цепи R_9C_{30} и $R_{38}C_{32}$ дифференцируют соответственно строчные и кадровые импульсы, благодаря чему синхронизирующие импульсы получаются меньшей длительности, чем бланкирующие.

Величина синхронизирующих импульсов определяется смещением на управляющих сетках лампы $Л_5$, которые нормально заперты и отпираются только вершинами дифференцированных импульсов. Неплохие результаты получаются, если вместо «насаживания» синхронизирующих импульсов на 25—30% увеличить величину бланков (фиг. 1,*в*). Тогда бланкирующие импульсы будут выполнять роль синхронизирующих. В этом случае лампа $Л_6$ и связанные с ней цепи не нужны.

Явление «черного пятна», присущее в той или иной степени всем передающим трубкам (иконоскопам), вызывает необходимость устройства схемы, которая создавала бы напряжение, по форме подобное сигналу черного пятна, вводимое в тракт сигналов изображения в противофазе к последнему. Но так как характер черного пятна непрерывно изменяется, то сигналу компенсации необходимо придавать каждый раз новую форму. Желательно, чтобы регулировка цепей компенсации черного пятна была максимально простой.

Черное пятно в большинстве случаев удается почти полностью компенсировать напряжением, состоящим из параболической и пилообразной составляющих.

Рассмотрим случай, когда на картинке наблюдается плавный переход от светлого фона к темному, от ее левой стороны к правой (фиг. 6,*А*). Сигнал в этом случае будет иметь вид, показанный на фиг. 6,*а*, где среднее значение сигнала (фона) имеет пилообразный характер. Если теперь в телевизионный сигнал подать пилообразное напряжение противоположного знака (фиг. 6,*б*), то этим мы приведем среднее значение видеосигнала к одному уровню (фиг. 6,*в*), т. е. фон картинки будет равномерным. Чтобы компенсиро-

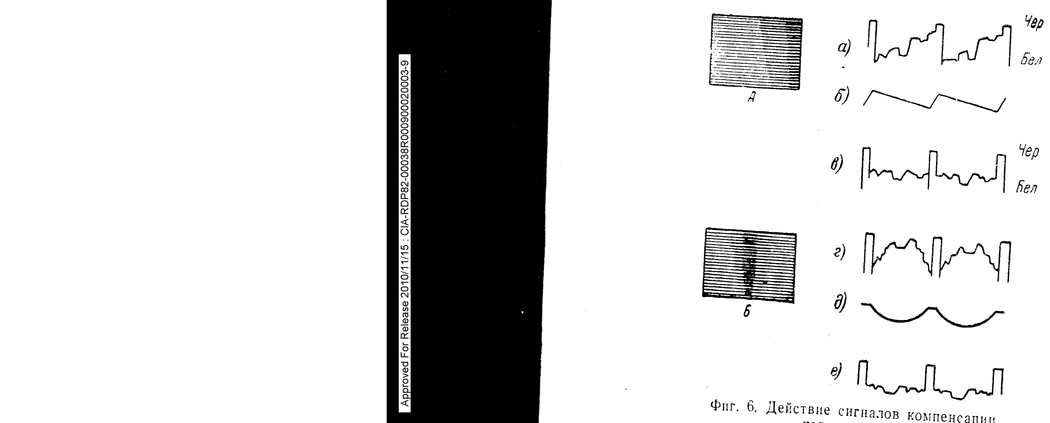
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

вать темную вертикальную полосу на середине картинки (фиг. 6,*Б*), необходимо в сигнал подать напряжение параболической формы со строчной частотой (фиг. 6,*д*).

Точно такие же сигналы по форме, но с частотой кадровой развертки необходимо ввести в телевизионный сигнал в случае затемнения фона сверху вниз или же в случае



Фиг. 6. Действие сигналов компенсации черного пятна.

А — затемнен правый край изображения (*а* — телевизионный сигнал с наличием сигнала „черного пятна"; *б* — сигнал компенсации „черного пятна"; *в* — телевизионный сигнал после замешивания компенсации „черного пятна"); *Б* — затемнена середина изображения (*г* — телевизионный сигнал с наличием сигнала „черного пятна"; *д* — сигнал компенсации „черного пятна"; *е* — телевизионный сигнал после замешивания сигнала компенсации „черного пятна").

образования горизонтальной темной полосы. Но в большинстве случаев темное пятно выглядит в виде темного расплывчатого круга или овала. Чтобы компенсировать такие пятна, необходимо одновременно вводить параболические сигналы с кадровой и строчной частотами, а если пятно расположено не посредине экрана, то необходимо еще вводить и пилообразные составляющие сигнала компенсации черного пятна. В схеме Харьковского телевизионного центра

пилообразное напряжение образуется с помощью обычной разрядной лампы $Л_9$ (фиг. 5).

На лампе $Л_8$ (двойной триод) собраны парафазные усилители пилообразных напряжений. С анода и катода этих ламп снимается по два противофазных пилообразных напряжения, которые и поступают на потенциометры R_{40}, R_{41}, R_{49}, R_{50}.

Поскольку к потенциометрам подведены парафазные пилообразные напряжения, то имеется одна точка на каждом потенциометре, где амплитуда пилообразного напряжения равна нулю. По мере перемещения движка потенциометра вверх от этой точки амплитуда пилообразного напряжения будет увеличиваться. Если же движок потенциометра перемещать вниз от указанной точки, то амплитуда пилообразного напряжения также будет увеличиваться, но его знак будет противоположен знаку первого случая. Избранная схема позволяет подобрать с помощью одного потенциометра не только величину пилообразного напряжения, но и его знак (в зависимости от того, какой край изображения надо высветлить).

Но если напряжение с потенциометра R_{50} поступает в цепь замешивания без искажений, то напряжение, снимаемое с потенциометра R_{49}, интегрируется цепью R_{51} и C_{35}, в результате чего на конденсаторе образуется напряжение параболической формы.

Обе полученные составляющие сигнала компенсации черного пятна (пилообразная и параболическая) складываются на сопротивлении R_{36} (фиг. 5), где осуществляется смешивание строчных составляющих сигнала — компенсации черного пятна с аналогичными кадровыми составляющими. Таким образом, схема позволяет, манипулируя всего 4 ручками, компенсировать черное пятно почти любой формы. Образованный на сопротивлении R_{36} суммарный сигнал компенсации черного пятна подводится к сетке лампы $Л_7$ для последующего «замешивания» в телевизионный сигнал.

Монтируя промежуточный усилитель, следует выполнить те же условия, которые относятся к предварительному усилителю. Коэффициент усиления промежуточного усилителя несколько больше коэффициента усиления предварительного усилителя. В промежуточном усилителе сигнал имеет бо́льшую величину, поэтому здесь более вероятно возникновение самовозбуждения. С целью его предотвращения анодные нагрузки ступеней и переходные конденсаторы заключены в экраны.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Подстроечный конденсатор компенсирующего звена C_1 (фиг. 5) располагается в непосредственной близости к сеточному гнезду лампы $Л_1$. Ручку этого конденсатора не обязательно выводить на переднюю панель, так как пользоваться им приходится только при корректировке усилителя.

Регулятор величины синхронизирующих импульсов может быть выведен «под шлиц» на переднюю панель. Регуляторы усиления, уровня бланков и сигналов компенсации черного пятна должны быть снабжены удобными ручками.

Блок разверток

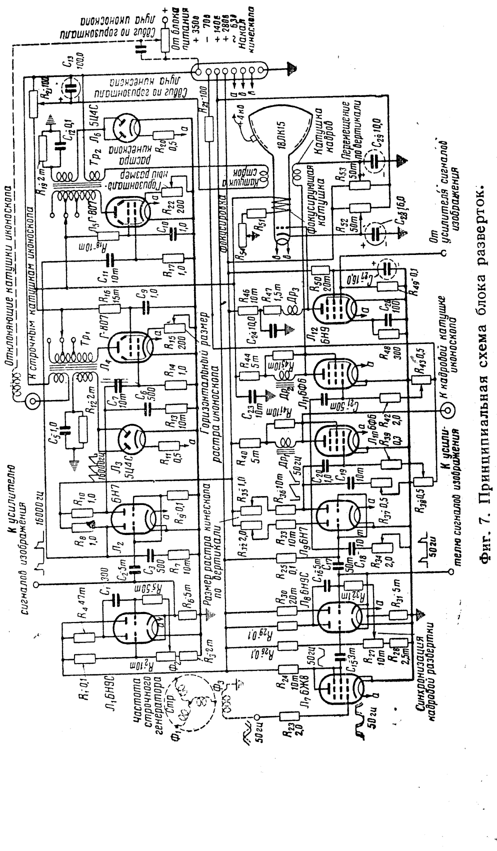
Как уже указывалось при разборе скелетной схемы, в блоке разверток вырабатываются пилообразные токи для образования телевизионных растров на приемной и передающей трубках; кроме того, этот блок фактически выполняет роль синхрогенератора, создавая П-образные импульсы, необходимые для формирования бланкирующих и синхронизирующих импульсов и сигналов компенсации черного пятна.

В этом же блоке (фиг. 7) помещена контрольная электронно-лучевая трубка 18ЛК15 (ЛК-715-А). Строчный и кадровый задающие генераторы выполнены по схемам мультивибраторов с катодной связью. Такая схема позволяет получить П-образные импульсы необходимой длительности с очень крутыми фронтами при вполне удовлетворительной стабильности частоты (в случае питания мультивибраторов стабилизированным напряжением).

Строчный задающий мультивибратор, собранный на лампе $Л_1$, настроен на частоту 16 000 *гц*. Импульсы, образующиеся на его катоде (фиг. *а* на 3-й стр. обложки), поступают в промежуточный усилитель для формирования бланкирующих и синхронизирующих импульсов и сигналов компенсации черного пятна. Эти же импульсы используются для приведения в действие схемы разверток контрольной и передающей трубок. С этой целью импульсы подаются на сетку разрядной лампы $Л_2$.

Анодная цепь лампы $Л_2$ зашунтирована конденсатором C_3 и сопротивлением R_7, поэтому на аноде образуется пилообразное напряжение несколько искаженной формы. Это напряжение подается на сетку оконечной ступени ($Л_4$ и $Л_5$).

В анодной цепи выходной ступени ($Л_5$) имеется понижающий трансформатор $Тр_2$, согласующий сопротивление выходной лампы с сопротивлением строчных отклоняющих



Фиг. 7. Принципиальная схема блока разверток.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

катушек контрольной трубки. Одна из обмоток выходного трансформатора шунтируется диодом $Л_6$ и цепью из R_{19} и C_{22}. Эта демпфирующая цепь служит для устранения затухающих колебаний в начале прямого хода развертки. Регулирование линейности в схеме строчной развертки достигается подбором сопротивлений R_7, R_{19}, а также подбором режима выходной лампы.

Точно такие же процессы происходят в схеме строчной развертки передающей трубки, где использованы лампы $Л_2$, $Л_5$ и $Л_6$.

Аналогично строчным импульсам кадровые П-образные импульсы, образующиеся на катоде кадрового задающего мультивибратора (лампа $Л_8$), используются для кадровых разверток трубок и подаются в промежуточный усилитель для формирования соответствующих импульсов и напряжений.

Так как сопротивления в катоде задающих мультивибраторов сравнительно малы, то напряжения, снимаемые с этих сопротивлений, подаются в промежуточный усилитель непосредственно, без применения линейных усилителей (катодных повторителей).

Процесс образования пилообразных токов разверток контрольной и передающей трубок ничем не отличается от образования пилообразных токов в обычных телевизорах.

Поскольку импульсы задающих мультивибраторов используются для формирования бланкирующих импульсов, то их длительность должна быть строго определенной — несколько больше длительности обратного хода луча электронно-лучевых трубок телевизоров. Длительность строчных импульсов должна быть равной 10—15% от периода строчной развертки. Кадровые импульсы должны составлять 8—10% периода кадровой развертки. Значительного отклонения от указанных величин допускать не следует, поскольку это приведет к уменьшению четкости и полезно используемой площади растра (в случае большей длительности импульсов). При уменьшении длительности импульсов может оказаться, что на части растра не будет гаситься обратный ход луча.

Кадровый задающий мультивибратор настраивается на частоту 50 *гц* и должен быть синхронизирован с сетью, причем при передаче кинофильмов необходимо производить фазирование кадровой развертки (см. раздел «Приспособление кинопроекционной аппаратуры для телекинопереда-

чи»). Фазирование осуществляется с помощью сельсин-трансформатора, смонтированного в блоке питания. Статор сельсин-трансформатора питается от трехфазной сети; с ротора снимается напряжение синусоидальной формы, фазу которого можно изменить при вращении ротора. В ограничительной ступени ($Л_7$) синусоидальное напряжение превращается в прямоугольное. Конденсатор C_{15} и сопротивление R_{27} образуют дифференцирующую цепь; в результате на сетку мультивибратора $Л_8$ от всей предшествующей схемы поступают обостренные импульсы, которыми легко

Фиг 8. Принципы магнитной компенсации трапецоидальных искажений.

осуществить синхронизацию задающего мультивибратора. Таким образом, избранная схема позволяет перемещать пилообразное напряжение во времени, чем и осуществляется фазирование кадровой развертки.

Поскольку мозаичный фотокатод иконоскопа расположен не перпендикулярно оси электронного прожектора, а под углом 120°, то наблюдаются трапецоидальные искажения растра иконоскопа, что приводит к искажениям передаваемого изображения.

Достаточно хорошие результаты дает магнитный способ компенсации трапецоидальных искажений, который вкратце заключается в следующем: если на пути электронного луча создать магнитное поле (фиг. 8,*а*), то при взаимодействии этого поля с магнитным полем, образующимся вокруг элек-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

тронного луча, возникает момент, отклоняющий луч в определенном направлении. Нетрудно заметить, что направление действия отклоняющего момента изменится на противоположное с изменением направления магнитного поля.

Если магнитное поле будет иметь вид, показанный на фиг. 8,*б*, то в этом случае при расположении луча слева отклоняющий момент будет стремиться отклонить луч к осевой линии; когда луч будет находиться справа, действие отклоняющего момента изменится на противоположное, т. е. и в этом случае магнитное поле будет стремиться отклонить луч к осевой линии. При одновременном действии отклоняющей системы и магнитного поля действие последнего выразится в уменьшении размера растра по горизонтали. Но поскольку плотность магнитного поля уменьшается книзу, то сокращение нижних строк будет меньше, чем верхних, благодаря чему и осуществляется компенсация трапецоидальных искажений.

Необходимое для компенсации магнитное поле можно создать двумя постоянными магнитами или двумя электромагнитами. Последние несколько предпочтительнее, так как система электромагнитов позволяет более быстро и просто найти такое положение и силу магнитов, при котором компенсация трапецоидальных искажений будет наиболее точной.

Магниты (электромагниты) укрепляются перед иконоскопом (фиг. 8,*в*) так, чтобы их положение можно было легко менять.

Для уменьшения наводок от строчного генератора на вход усилителя строчный пилообразный ток развертки передающей трубки поступает на ее отклоняющие катушки по малоемкостному коаксиальному кабелю.

Все регулировки, относящиеся к передающей трубке, в том числе и перемещение растра, размещены в блоке питания. Это связано с упрощением межблочных соединений. Кадровый пилообразный ток поступает в камеру по неэкранированному кабелю. Центровка растра передающей трубки осуществляется такими же методами, как и в контрольной электронно-лучевой трубке.

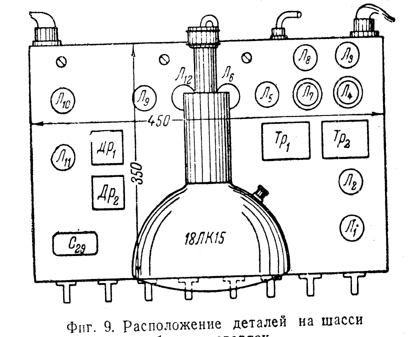
При монтаже блока разверток надо учитывать, что строчные генераторы могут влиять на работу других участков схемы.

Особенно тщательно в схеме разверток необходимо выполнить строчные трансформаторы генераторов тока.

Данные трансформаторов следующие:

Трансформатор $Тр_1$. Сердечник сечением 4 *см*^{2}; обмотка I — провод ПЭШО 0,12—1 000 витков с отводами от 800 и 900 витков: обмотка II — провод ПЭШО 0,12—500 витков; обмотка III — провод ПЭШО 0,25—250+50 витков. Обмотки намотаны на каркасе из органического стекла (плексигласа). Конструкция каркаса аналогична применяемой в телевизорах.

Трансформатор $Тр_2$. Сердечник сечением 4 *см*^{2}; обмотка I — провод ПЭШО 0,12—1 000 витков с отводом от 800



Фиг. 9. Расположение деталей на шасси блока разверток.

и 900 витков; обмотка II — провод ПЭШО 0,12—500 витков; обмотка III — провод ПЭШО 0,25—250 + 50 витков.

Дроссели кадров ($Др_1$, $Др_2$) собираются на сердечниках сечением 4 *см*^{2}; каждый дроссель имеет по 8 000 витков провода ПЭ 0,08. Отклоняющую и фокусирующую систему электронно-лучевой трубки можно изготовить по описаниям, приведенным в журнале «Радио» (№ 7 за 1948 г.).

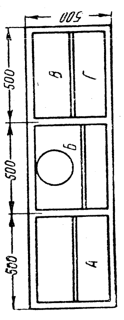
Фокусирующая катушка — высокоомная. Количество витков — 32 000. Провод — ПЭ 0,09.

Расположение деталей на шасси блока разверток показано на фиг. 9; на переднюю панель выведены следующие регулировки: фокусировка и яркость, размер кадров, размер строк, перемещение по вертикали и горизонтали растра электронно-лучевой трубки. Остальные регулировки выведены под шлиц позади и в верхней части шасси.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Блок питания тракта сигналов изображения

Схема блока питания изображена на фиг. 10; особенность схемы — применение шестиполупериодного выпрямителя, позволяющего получить высокую степень фильтрации выпрямленного напряжения при сравнительно небольшой емкости конденсаторов фильтров. Для стабилизации напряжения в схеме блока питания применены газовые стабилизаторы типа STV280/80 и STV280/40, используемые одновременно и как делители напряжения. На шасси блока питания расположены сельсин-трансформатор, предназначенный для фазирования напряжения кадровой развертки, а также руч-



Фиг. 11. Расположение блоков в главном пульте.

А — усилитель звукового сопровождения; *Б* — отсек блока разверток; *В* — блок питания; *Г* — усилитель сигналов изображения.

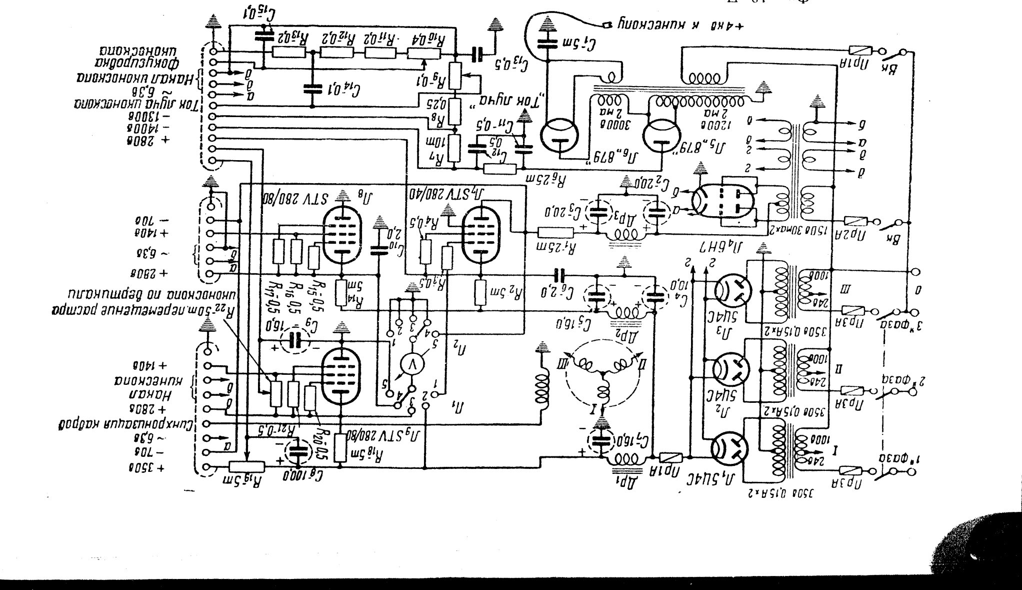
ки регулировки: ток луча, фокусировка, перемещение растра передающей трубки по вертикали и горизонтали.

Все регулировки, а также ротор сельсин-трансформатора и ось переключателя контрольного вольтметра выведены на переднюю панель и снабжены ручками управления. Ротор сельсин-трансформатора должен быть заторможен, но так, чтобы его можно было проворачивать.

На шасси блока питания смонтированы выпрямители 1 500 и 4 000 *в*, питающие цепи контрольной и передающей трубок.

Все описанные выше блоки, а также усилитель звукового сопровождения расположены в главном пульте. Конструктивно главный пульт выполнен в виде каркаса с 6 отсеками. Расположение блоков в отсеках указано на фиг. 11.

В нижнем среднем отсеке в дальнейшем предполагается смонтировать контрольный осциллограф, позволяющий контролировать форму телевизионного сигнала (сейчас телевизионный сигнал контролируется отдельным осциллографом). Каркас главного пульта обшит листовой сталью. Все основ-



Фиг. 10. Принципиальная схема блока питания тракта сигналов изображения.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

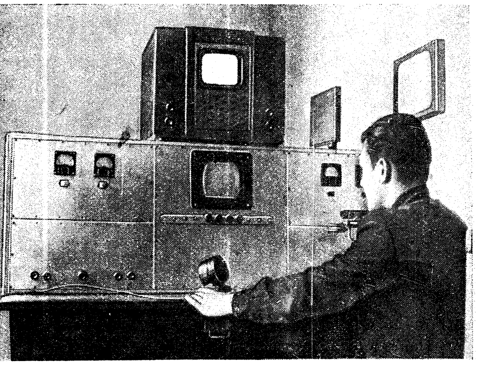
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

ные ручки управления выведены на переднюю панель. Главный пульт устанавливается на письменном столе (фиг. 12).

Сверху на пульте устанавливается телевизор для контроля передачи.



Фиг. 12. Общий вид главного пульта.

Камера

В телевизионной камере смонтированы передающая трубка, предварительный усилитель, отклоняющая система передающей трубки и система подсвета мозаики. Внешний вид камеры показан на фиг. 13, а ее схема — на фиг. 3.

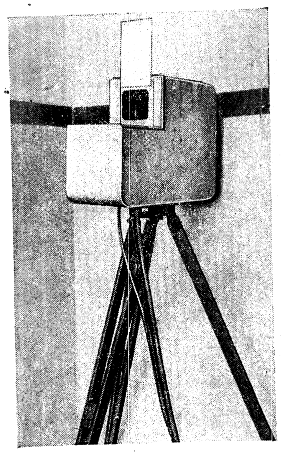
В описываемой аппаратуре применена отечественная передающая трубка типа 15-ЛИ-1, обладающая достаточной чувствительностью. Этот тип трубки отличается большой разрешающей способностью (по четкости) и сравнительно небольшим уровнем сигнала черного пятна, который можно всегда компенсировать цепями компенсации черного пятна. Параметры иконоскопа следующие:

$U_н$ 6,3 *в*; $I_н$ 0,5 *а*; $U_с$ рабочее—30÷—50 *в*; $U_с$ запирания—80÷—100 *в*; U_{a1} 300 *в*; U_{a2} 800 ÷ 1 200 *в*.

Цоколевка иконоскопа указана на фиг. 14.

Согласно приведенной схеме питания передающей трубки (фиг. 3) 2-й анод должен быть заземлен; следовательно, должен быть заземлен и плюс источника высокого напряжения. Катод по отношению к земле должен находиться под потенциалом 1 000 *в*. Фокусировка — статическая и достигается регулировкой напряжения на аноде U_{a1} с помощью потенциометра «фокусировка», расположенного в блоке питания. При помощи потенциометра «ток луча» (также расположенного в блоке питания) регулируется ток луча.

Для того чтобы напряжение на управляющем электроде иконоскопа во время рабочего хода развертки было строго постоянным, сопротивление утечки сетки $Л_5$ заменено диодом (левая половина лампы $Л_5$).



Фиг. 13. Общий вид телевизионной камеры.

Нити накала передающей трубки и гасящей лампы питаются от отдельной обмотки на силовом трансформаторе с хорошей изоляцией от остальных обмоток.

Передающая трубка подключается к схеме посредством колодочки (изготовленной из стандартной ламповой панели) и двух проводников, подсоединенных к выводу коллектора и к сигнальной пластине (выводы позади баллона трубки).

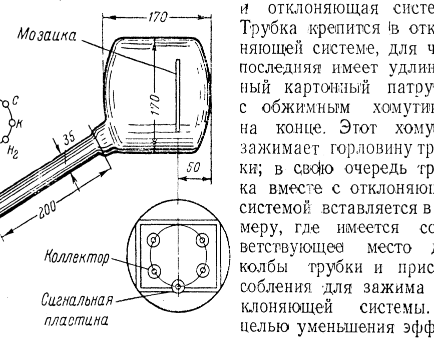
Внутреннее устройство камеры показано на фиг. 15. Конструктивно камера выполнена в виде каркаса из уголков, обшитого листовой сталью толщиной 0,5 *мм*. Верхняя и задняя стенки — откидные, благодаря чему имеется доступ к трубке и предварительному усилителю. В передней стенке камеры имеются прямоугольные задвигающиеся отверстия, через которые осуществляется оптическое проектирование изображения на мозаику трубки. Круглое отверстие в нижней стенке камеры предназначено для подсоединения кабелей к предварительному усилителю, а также облегчает установку трубки.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

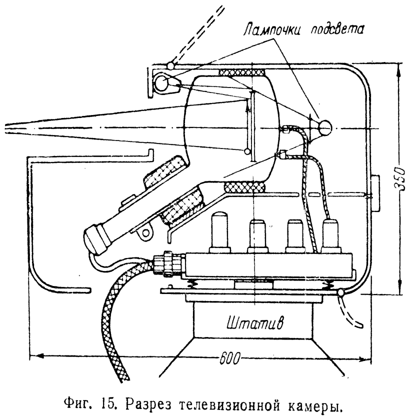
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Предварительный усилитель укрепляется на хорошо амортизированном основании в отсеке, отделенном специальным экраном. Сверху над экраном расположены трубка и отклоняющая система. Трубка крепится в отклоняющей системе, для чего последняя имеет удлиненный картонный патрубок с обжимным хомутиком на конце. Этот хомутик зажимает горловину трубки; в свою очередь трубка вместе с отклоняющей системой вставляется в камеру, где имеется соответствующее место для колбы трубки и приспособления для зажима отклоняющей системы. С целью уменьшения эффекта черного пятна желательно подсветить края



Фиг. 14. Размеры и цоколевка иконоскопа 15-ЛИ-1.



Фиг. 15. Разрез телевизионной камеры.

мозаики и колбу трубки изнутри, для чего на передней стенке камеры располагаются софиты с узкими щелями. Софиты отбрасывают узкий луч, освещающий края мозаики.

Для подсвечивания колбы позади трубки устанавливается еще одна лампочка; перед ней располагается козырек, отбрасывающий тень на мозаику (сама мозаика не должна быть освещена).

Накал лампочек подсвета регулируется реостатом и подбирается таким, при котором эффект черного пятна будет наименьшим.

Отклоняющая система передающей трубки состоит из двух пар катушек (строчных и кадровых). Каждая пара катушек укреплена на своем каркасе, что позволяет регулировать их взаимное расположение. Отклоняющие катушки помещены в магнитный и статический экран; кроме того, статический экран имеется внутри каркаса строчных катушек, а также между строчными и кадровыми катушками.

Намотка строчных катушек производится на шаблоне (фиг. 16,*а*); этот же шаблон используется и для намотки кадровых катушек. Строчные катушки наматываются с прокладкой между щечками каркаса, изображенной на фиг. 16,*б*, проводом ПЭШО 0,25—0,3 по 150 витков. Намотка ведется «внавал» секциями по 50 витков. Каждая секция связывается нитками. Готовые строчные катушки изгибаются на болванке диаметром 40 *мм* и укрепляются на каркасе с помощью ниток (фиг. 16,*в*).

Кадровые катушки наматываются проводом ПЭ 0,07 — 0,08 на том же шаблоне, но с применением шпилек. Расстояние между щечками должно быть 5 *мм*. Для намотки этих катушек в первые от центра отверстия вставляются 4 шпильки, после чего начинается намотка. Через 1 000 витков секция связывается нитками, вставляются новые 4 шпильки и наматывается следующая секция в 1 000 витков и т. д.

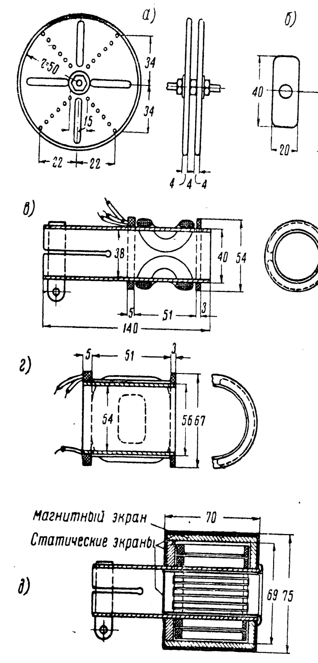
Всего надо намотать шесть секций. Аналогично строчным кадровые катушки крепятся на своем каркасе (фиг. 16,*г*), но перед их закреплением на каркас наматываются один слой провода ПЭ 025 (экран) и слой лакоткани.

Каркас с кадровыми катушками надевается на каркас со строчными катушками, причем направление магнитных полей обеих пар катушек должно быть взаимно перпендикулярным. Готовая отклоняющая система заключается в железный экран и вместе с магнитным экраном в медный статический (фиг. 16,*д*). Магнитный и статический экраны могут быть выполнены, как одно целое.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

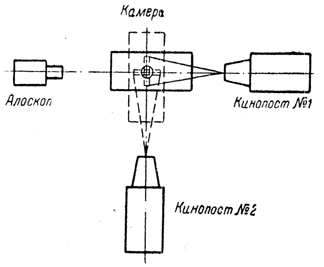
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03



Фиг. 16. Отклоняющая система иконоскопа.
а — шаблон для намотки кадровых отклоняющих катушек; *б* — прокладка между щечками шаблона при намотке строчных катушек; *в* — строчные отклоняющие катушки; *г* — кадровые отклоняющие катушки; *д* — отклоняющая система в сборе (разрез).

Камера устанавливается на треноге от кинопередвижки. Конструкция крепления камеры к треноге предусматривает возможность легкого поворачивания камеры вокруг вертикальной оси. Такое устройство позволяет демонстрировать кинофильмы при наличии всего одной камеры без перерывов между частями, для чего камера устанавливается на пересечении осей двух взаимно перпендикулярно расположенных кинопроекторов. Поворачивая камеру, можно установить ее так, что на мозаику трубки будут проектироваться изображения одного кинопроектора. При повороте камеры на 90° на ее мозаику будет проектироваться изображение другого кинопроектора или алоскопа (фиг. 17).



Фиг. 17. Схема расположения аппаратуры в кинопроекционной.

Приспособление киноаппаратуры для телевизионной передачи

При передаче кинофильмов по радио необходимо строго синхронизировать перемещение пленки с кадровой разверткой. В свою очередь кадровая развертка синхронизируется с сетью. Для выполнения указанных условий достаточно заменить асинхронный мотор кинопроектора синхронным (желательно с самопуском). Необходимо так же заменить обычный обтюратор (фиг. 18,*а*) специальным — телевизионным (фиг. 18,*б*).

Картина взаимодействия обтюратора и перемещение пленки в обычном кинопроекторе показаны на фиг. 19,*а*, где видно, что в момент продергивания пленки обтюратор перекрывает свет. Для видимого увеличения частоты смены кадров обтюратор перекрывает также один раз неподвижно установленный кадр.

Если бы кадровую развертку сфазировать так, как показано на фиг. 19,*а*, то оказалось бы, что верхняя и нижняя части кадров изображения будут разворачиваться в тот момент, когда нет изображения на мозаике передающей

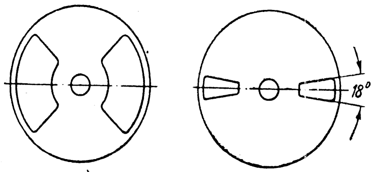
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

трубки, т. е. режимы работы иконоскопа в средней и крайних частях мозаики будут неодинаковы.

Телеобтюратор позволяет избавиться от этой неприятности. Взаимодействие телеобтюратора с перемещением пленки и кадровой разверткой показано на фиг. 19,б. Изображение проектируется на мозаику трубки в момент, когда ее луч заперт (в момент кадрового обратного хода). При этом на мозаике образуется потенциальный рельеф (характеризующий содержание картинки), который и сохраняется до момента, пока коммутирующий луч трубки не уравняет потенциал мозаики, т. е. пока не произойдет развертка всего кадра изображения. В момент следующего обратного хода на мозаике вновь образуется потенциальный рельеф и т. д.



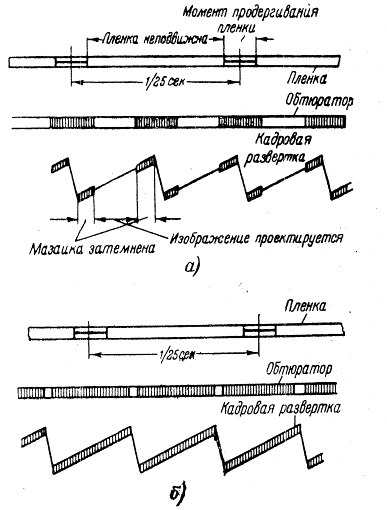
Фиг. 18. Обтюраторы кинопроектора.
а—обычный; *б*—для телевизионной передачи.

При телеобтюраторе улучшаются условия работы трубки, но так как оптическое изображение воздействует на мозаику за один оборот только одну пятисотую долю секунды (примерно 10% того времени, в течение которого проектируется кинокадр), то снижается эффективная освещенность изображения. Следовательно, необходимо значительно повысить интенсивность света кинопроектора. Практически при передаче кинофильмов с телеобтюратором необходимо дуговое освещение с дугой 30—40 *а*.

Необходимая фаза кадровой развертки устанавливается с помощью сельсин-трансформатора. (Подробное описание схемы было приведено в разделе «Блок разверток».)

Опыт налаживания аппаратуры показывает, что в первый период работы можно ограничиться и более простым решением затронутого вопроса. Обтюратор проектора снимается, а кадровая развертка фазируется так, чтобы ее обратный ход совпадал с моментом продергивания пленки.

Правда, время продергивания пленки больше времени обратного хода, и это дает мало заметную размытость изображения в самом низу и в самом верху картинки. Но зато в этом случае источником света может быть лампа 500 и даже 300 *вт*.



Фиг. 19. Схема взаимодействия обтюратора с перемещением пленки и кадровой разверткой.
а—при обычном обтюраторе; *б*—при телевизионном обтюраторе.

Помимо вышеперечисленных условий, кинопроекторы должны быть снабжены хорошей оптикой, дающей четкое изображение (без радужных оттенков).

Объективы применяются с фокусным расстоянием 100 *мм*. При этом проекторы должны быть установлены вплотную к камере, но так, чтобы при поворачивании последняя не задевала проекторов.

Размер проектируемого на мозаику изображения 9 × × 12 *см*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Для передачи неподвижных изображений (заставок, объявлений, испытательных таблиц) используется обычный алоскоп. В остальном оборудование кинопроекционной должно соответствовать техническим условиям на устройство обычных кинопроекционных, а также всем условиям пожарной безопасности.

Если кинопроекторы и главный пульт расположены в различных комнатах, то необходимо устроить сигнализацию (лучше всего с применением усилителей и громкоговорителей).

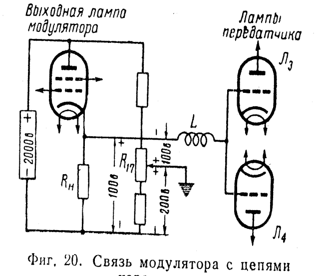
Модулятор радиопередатчика сигналов изображения

Модулятор является усилителем телевизионного сигнала по амплитуде и мощности. На его вход поступает сигнал от промежуточного усилителя с амплитудой порядка 3 *в*. С выхода модулятора снимается напряжение с амплитудой порядка 200 *в*. Такая амплитуда напряжения необходима для осуществления нормальной модуляции выходной ступени передатчика, в котором применены лампы типа ВТ-98Д. Основная трудность осуществления модуляции заключается не в получении столь больших амплитуд напряжения, а в осуществлении модуляции широкой полосой частот. Из условий равномерного пропускания низких частот при наличии переходной емкости между модулятором и сеточной цепью мощной ступени желательно увеличить сопротивление утечки сетки выходных ламп, но при большом сопротивлении утечки наблюдается искажение генерируемых сигналов. Часто вместо сопротивлений утечки ставят ряд последовательно соединенных контуров, рассчитанных на пропускание всей полосы частот. Такую цепь настроить довольно трудно, поэтому решено было пойти по пути уменьшения выходного сопротивления модулятора, для чего выходная ступень выполнена по схеме катодного повторителя. С катодной нагрузки (600 *ом*) без переходных емкостей сигнал модулятора поступает на сетки ламп выходной ступени передатчика.

Так как катоды ламп передатчика заземлены, то для обеспечения необходимого отрицательного смещения (порядка — 100 *в*) на сетках ламп передатчика потребовалось включение питания модулятора по схеме, приведенной на фиг. 20, где заземлена всего лишь одна точка — движок потенциометра R_{17}. Изменяя положение движка потенциометра, можно менять смещение на сетках ламп выходной ступени передатчика.

Принципиальная схема модулятора приведена на фиг. 21.

Трансформатор накала Tp_2 выходной ступени выполнен таким образом, что его накальная обмотка составляет с корпусом шасси емкость не более 50 *мкмкф*.



Фиг. 20. Связь модулятора с цепями передатчика.

Передатчик сигналов изображения

Обычно в радиопередатчиках сигналов изображения применяется кварцевая стабилизация частоты, но это приводит к большому усложнению всего передатчика, так как количество ступеней при этом доходит до восьми.

Вполне удовлетворительная стабилизация частоты получается, если в задающем генераторе применить контуры с высокой добротностью (четвертьволновые линии) и отсасывать от задающего генератора небольшой процент генерируемой им мощности; для того чтобы задающий генератор мог раскачать выходную ступень, он должен быть достаточно мощным и собирается на тех же лампах, что и выходная ступень. В схеме ХМТЦ применены лампы типа ВТ-98Д, способные отдать мощность до 1 *квт*.

В УКВ генераторах колебательные контуры включаются в цепь анода и сетки или цепь катода и анода.

Но конструктивно наиболее просто осуществить схему, когда контуры включены в катод и сетку, а аноды ламп заземлены по высокой частоте. В этом случае проще осуществить крепление ламп, изоляцию анодов ламп и воздушное охлаждение анодов. Настройка сеточного и катодного

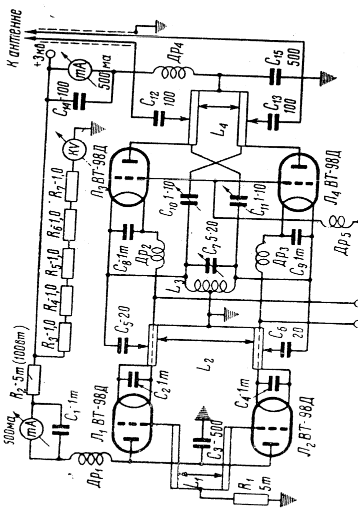
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

контуров (фиг. 22) осуществляется путем перемещения закорачивающих мостиков. С катодного контура снимается напряжение раскачки мощной ступени. Перемещая щупы, можно подобрать оптимальную связь между ступенями.

Выходная ступень собрана на лампах ВТ-98Д по схеме с заземленной сеткой. Эта схема менее других склонна к самовозбуждению, поэтому ее применение более целесообразно. При других схемах не удавалось простыми методами устранить самовозбуждение.

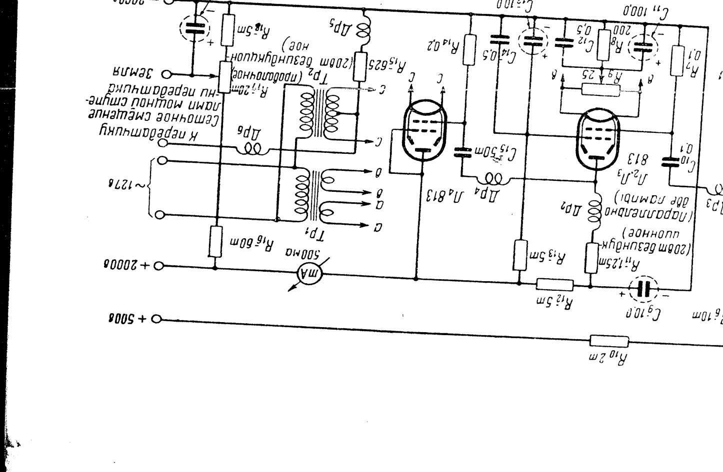


Фиг. 22. Принципиальная схема передатчика сигналов изображения.

Напряжение раскачки подается на катодный контур, выполненный в виде сосредоточенных постоянных L и C.

В сеточной цепи выходной ступени отсутствует колебательный контур; сетки обеих ламп соединены между собой. К ним подведен телевизионный сигнал от модулятора. Анодный контур выходной ступени выполнен в виде линии. Настраивается он так же, как и контуры задающего генератора закорачивающим мостиком.

В этом же контуре с помощью щупов осуществляется связь с антенной. Перемещением щупов производится согласование волнового сопротивления фидера с сопро-



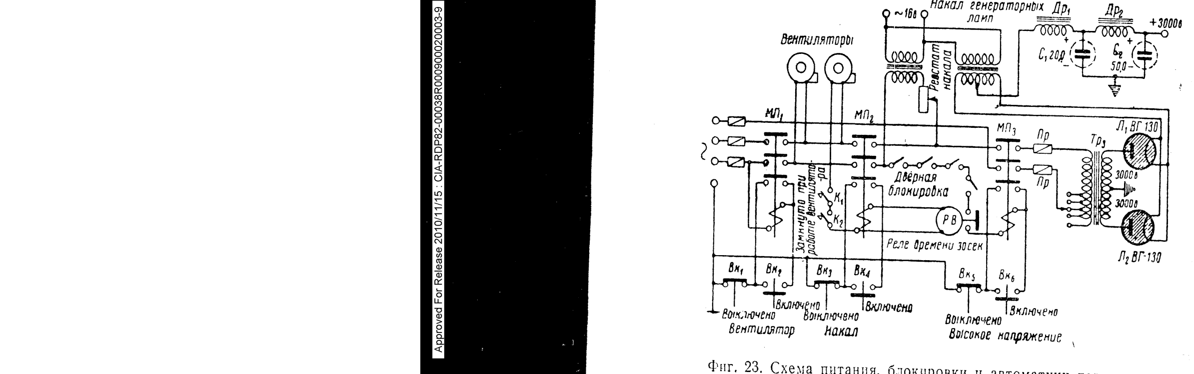
Фиг. 21. Принципиальная схема модулятора.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

тивлением контура. Для полного устранения возможности возникновения самовозбуждения имеются цепи нейтрализации. В схеме передатчика $Др_1$ и $Др_4$ — обычные дроссели развязки. $Др_3$ и $Др_2$ — дроссели, изолирующие (по высокой частоте) катоды выходной ступени. C_5, C_6, C_{12}, C_{13} — разделительные конденсаторы. Дроссель $Др_5$ предотвращает проникновение высокой частоты в цепь модулятора.



Фиг. 23. Схема питания, блокировки и автоматики передатчика сигналов изображения.

Применение мощных ламп с искусственным воздушным охлаждением и высоким анодным напряжением вызывает необходимость устройства не только специальных выпрямителей для питания анодов ламп и трансформаторов накала, но и системы автоматики и блокировки (фиг. 23), позволяющей включать передатчик только в определенной последовательности и при закрытых дверцах шкафа.

На схеме фиг. 23 $МП_1$, $МП_2$, $МП_3$ — магнитные пускатели (мощные реле). При нажатии кнопки $Вк_2$ срабатывает реле $МП_1$, отчего подается напряжение на вентиляционные устройства. Когда вентиляторы набрали требуемое количество оборотов, автоматически замыкаются контакты K_1, K_2. Следовательно, теперь при нажатии кнопки $Вк_4$ начнет работать реле времени $Рв$, и будет подано питание накала ламп передатчика. После срабатывания реле времени (через 30 сек.), и если замкнуты все контакты блокировки (при закрытых дверцах), можно включить высокое напряжение нажатием кнопки $Вк_6$. Нажатием кнопок $Вк_5$, $Вк_3$, $Вк_1$ производится выключение питания передатчика.

Высоковольтный выпрямитель собран на газотронах типа ВГ 130 и рассчитан на ток порядка 800 *ма*. Фильтр — двухъячеечный.

Первичная обмотка повышающего трансформатора секционирована, что позволяет подобрать оптимальное напряжение. В цепи первичной обмотки трансформатора накала включен реостат, позволяющий установить ток накала ламп, равный 35 *а*.

Передатчик и система его питания смонтированы в металлическом шкафе (фиг. 24). Каркас шкафа сварен из уголков и обшит листовым железом. С задней стороны шкафа устроены дверцы.

В нижней части шкафа смонтирована система питания и автоматики, в верхней—узлы, относящиеся к передатчику. В верхнем правом углу на выдвижном шасси монтируется модулятор. Как уже указывалось, лампа типа ВТ-98Д требует искусственного охлаждения. Устройство продувной системы показано на фиг. 25,*а*.

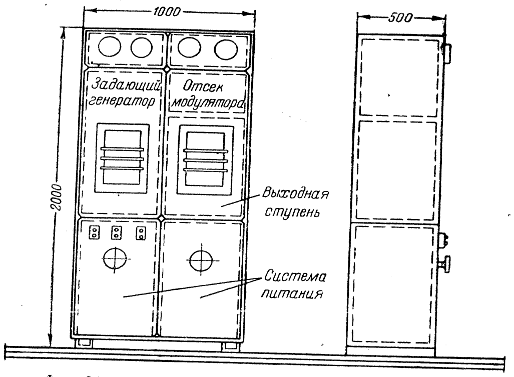
Генераторные лампы крепятся за аноды с помощью специальных зажимных гнезд. На фиг. 25,*б* показана конструкция крепления ламп задающей ступени.

Аноды ламп выходной ступени согласно схеме должны быть изолированы относительно земли по высокой частоте и иметь минимальную по отношению к земле емкость. С этой целью применены специальные стеклянные стаканы. В связи с этим конструкция крепления выходных ламп несколько отличается от крепления ламп задающей ступени.

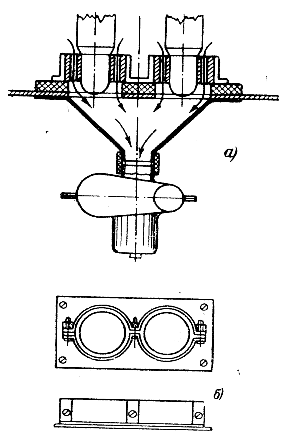
Конструктивные размеры колебательных контуров показаны на фиг. 26,*а*, а расположение узлов передатчика и триод ВТ-98Д—на фиг. 26,*б* и 26,*в*. Сеточный и катодный контуры задающей ступени и анодный контур выходной ступени выполнены из 20-*мм* латунных труб. Внутри трубы катодного контура задающей ступени проложен многожильный проводник питания накала ламп, рассчитанный на ток 35 *а*. Вторым проводником питания накала служат сами трубы, из которых выполнены контуры.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

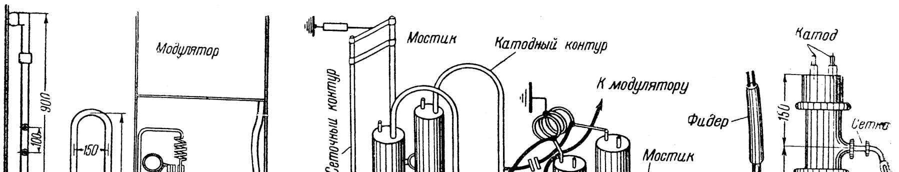
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9



Фиг. 24. Шкаф передатчика сигналов изображения.



Фиг. 25. Узлы передатчика.
а—система охлаждения генераторных ламп; *б*—крепление генераторных ламп.



Фиг. 26. Конструктивное оформление передатчика.
а—конструктивные размеры контуров передатчика (расстояние между проводниками каждой линии 100 *мм*); *б*—схема расположения узлов передатчика; *в* — генераторный триод ВТ-98Д.

DOCUMENT №03

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Антенная система передатчика сигналов изображения

Сложность устройства антенной системы заключается в необходимости излучения широкого спектра частот (ширина спектра достигает ±10% от несущей). Обычные УКВ антенны (полуволновые вибраторы) обладают довольно резко выраженными резонансными свойствами. Следовательно, если не принять особых мер, то в антенне будет происходить срезание высоких частот спектра модуляции и, следовательно, четкость изображения в эфире будет значительно снижена. Для расширения полосы пропускания антенны ее вибраторы устраиваются в виде решеток (фиг. 27). Такая форма вибратора позволяет пропускать довольно широкую полосу частот (до ±15% от несущей).

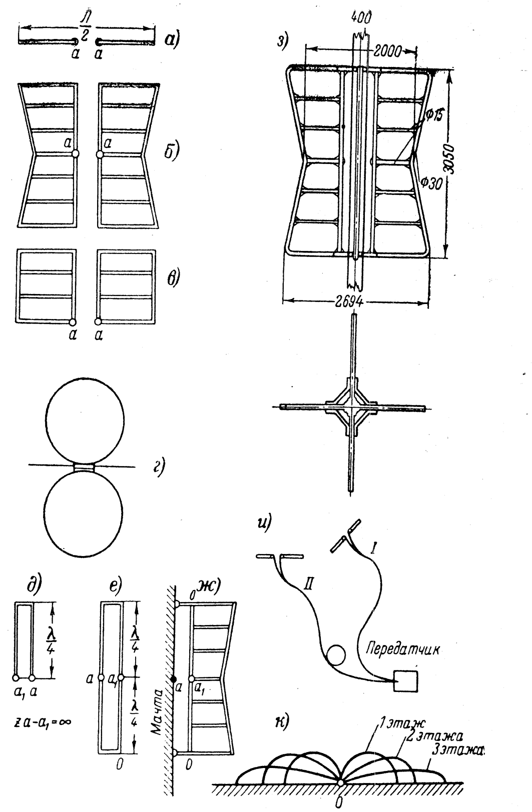
Для изоляции вибраторов от мачты используется свойство четвертьволновых закороченных на конце линий. Сопротивление между точками *а—а* в такой линии (фиг. 27,*д*, *е*) равно бесконечности; следовательно, сопротивление между точками $a—a_1$ на фиг. 27,*ж* также равно бесконечности и к проводнику $O—a_1—O$ можно крепить вибратор, который будет изолирован от мачты.

Практические размеры вибратора для второго стандартного телевизионного канала приведены на фиг. 27,*з*. Но один вибратор обладает довольно резко выраженной направленностью действия. На фиг. 27,*г* приведена диаграмма его направленности в горизонтальной плоскости. При работе телевизионного центра желательно, чтобы антенна излучала энергию во все стороны равномерно. Это достигается установкой второго вибратора перпендикулярно первому.

Для получения диаграммы направленности в горизонтальной плоскости в виде круга необходимо второй вибратор питать со сдвигом по фазе на 90° относительно первого. Последнее достигается выбором соответствующей длины фидера, питающего второй вибратор (он должен быть длиннее или короче на $\lambda/4$ фидера, питающего первый вибратор).

Конструктивно вибраторы выполняются из стальных труб диаметром 25—30 *мм*; мачта также стальная.

Сопротивление одного вибратора в рабочем диапазоне частот равно 150 *ом*, следовательно, для осуществления согласования волновое сопротивление фидера должно быть также равно 150 *ом*. Фидер — двухпроводный (симметричный). Можно питать антенну и однопроводным (коаксиальным) фидером с сопротивлением 75 *ом*. Для этого оболочки двух кусков фидера спаивают в начале и в конце фидера,



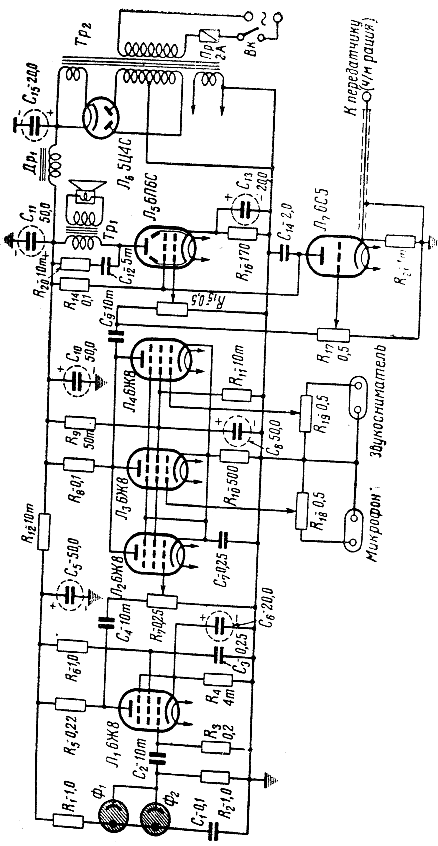
Фиг. 27. Типы УКВ излучателей.

а—полуволновый диполь; *б* и *в*—широкополосные вибраторы (*аа*—точки присоединения фидера); *г*—диаграмма направленности одного вибратора в горизонтальной плоскости; *д*, *е* и *ж* — принцип действия „металлического изолятора"; *з* — конструкция широкополосного излучателя; *и*— схема питания антенны; *к*—диаграмма направленности антенны в вертикальной плоскости.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03



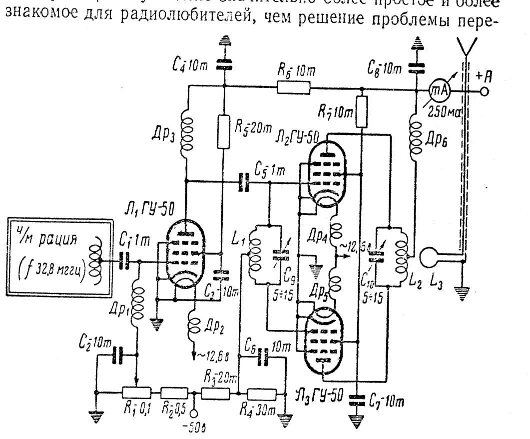
Фиг. 28. Схема усилителя звукового сопровождения.

а внутренние проводники используются так же, как и в случае двухпроводного фидера. Длина фидеров при хорошем согласовании не имеет значения. Очень важно, чтобы фидер вибратора одного направления был длиннее на λ 4 фидера, идущего к перпендикулярному вибратору (фиг. 27,*и*).

При устройстве двух- и трехэтажных антенн такого типа характеристика направленности вытягивается и прижимается к земле (фиг. 27,*к*), что выгодно с точки зрения уменьшения мощности передатчика. Но устройство и согласование многоэтажных антенн представляют очень большие трудности. Лучше пойти по пути увеличения высоты передающей антенны.

Звуковое сопровождение телевизионных передач

Обеспечить хорошим звуковым сопровождением телевизионную передачу — дело значительно более простое и более знакомое для радиолюбителей, чем решение проблемы пере-



Фиг. 29. Схема передатчика звукового сопровождения.

дачи изображения. Поэтому здесь приводятся схемы с самыми краткими пояснениями

На фиг. 28 приведена схема усилителя звукового сопровождения, обеспечивающая усиление сигналов от фотоэле-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

ментов и позволяющая осуществить смешивание и плавный переход от звукового сопровождения кинофильма на передачу граммзаписи или речи диктора. Предусмотрен канал для контроля. С катодного выхода лампы $Л_7$ сигнал поступает на частотный модулятор *ЧМ* рации. Кварц должен быть подобран так, чтобы средняя частота выбранной рации была равна 32,8 *мгц*, т. е. в два раза ниже требуемой частоты. Удвоитель удваивает частоту и возбуждает выходную ступень, собранную на двух лампах ГУ-50.

Схема удвоителя и выходной ступени показана на фиг. 29.

Антенна передатчика звукового сопровождения временно выполнена в виде полуволнового вибратора. В дальнейшем предполагается устройство фильтров, позволяющих осуществить работу обоих передатчиков на одну антенну.

НАЛАЖИВАНИЕ АППАРАТУРЫ

В этой главе приведена методика налаживания, а также разобраны наиболее характерные неисправности, встречающиеся при изготовлении аппаратуры любительского телевизионного центра, и указаны способы их устранения.

Для успешного налаживания совершенно необходима следующая измерительная аппаратура:

1) осциллограф с широкополосным усилителем вертикального отклонения (с полосой пропускания до 5—6 *мгц*); в крайнем случае подойдет любой осциллограф с выведенными отклоняющими пластинами; 2) катодный вольтметр (ВКС-7); 3) генератор стандарт сигналов (ГСС-6); 4) звуковой генератор (ЗГ-1); 5) УКВ волномер (УВ-3); 6) авометр (ТТ-1).

Последовательность налаживания имеет большое значение и должна быть следующей:

1) проверка и регулировка источников питания; 2) налаживание предварительного усилителя; 3) налаживание промежуточного усилителя сигналов изображения; 4) налаживание блока разверток; 5) налаживание цепей формирования сигналов компенсации черного пятна и цепей формирования бланкирующих и синхронизирующих импульсов; 6) налаживание цепей гашения обратного хода луча передающей трубки и регулировка ее режима; 7) окончательная регулировка всего тракта в целом (по изображению).

Проверка источников питания

К источникам питания телевизионных устройств предъявляются несколько повышенные требования по сравнению с источниками питания для обычной радиоаппаратуры. В особенности это относится к источникам питания усилителей сигналов изображения.

Сама по себе проверка выпрямителей не представляет никаких трудностей, однако необходимо тщательно симметрировать повышающие обмотки с целью получения хорошей фильтрации выпрямленного напряжения. Уровень фона переменного тока на выходе выпрямителя, питающего предварительный усилитель, должен быть не более 0,04 *в*.

Измерить уровень фона с достаточной степенью точности можно с помощью осциллографа, пользуясь следующим методом. Осциллограф подключается к выходу нагруженного выпрямителя (сопротивление нагрузки 6 000 *ом*, 15 *вт*). Регулятор усиления вертикального отклонения осциллографа устанавливается в такое положение, при котором удобно измерить величину размаха пульсаций. Затем на осциллограф подают (не изменяя регулировки усиления) сигнал от ГСС с частотой 100 *кгц*. Оперируя делителем напряжения ГСС, устанавливают размах колебаний, равный величине пульсаций исследуемого источника питания. Учитывая, что нелинейность характеристики усилителя осциллографа не превышает 10%, можно, зная величину сигнала ГСС, предположить с достаточной степенью точности, что таков и уровень фона выпрямителя.

Для выпрямителя, питающего промежуточный усилитель, требования несколько ниже; здесь уровень фона может быть равен 0,06 *в*. Указанные уровни фона приведены из практических данных; при указанных уровнях фон переменного тока на картинке едва заметен.

Серьезное внимание необходимо уделить системе питания накала предварительного и промежуточного усилителей. Целесообразно на первом этапе налаживания питать цепи накала усилителей от аккумуляторов, и только убедившись в том, что уровень фона на выходе усилителей находится в допустимых пределах, можно приступить к регулировке усилителей, питая их цепи накала переменным током.

Может оказаться при этом, что устранение фона переменного тока будет связано с большими трудностями и большой затратой времени; тогда более целесообразно устрой-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

ство выпрямителей для питания накальных цепей. В аппаратуре ХМТЦ методами, указанными при описании монтажной схемы предварительного усилителя, удалось полностью устранить фон, наводимый цепями накала.

Что касается питания блока разверток, то здесь требования в отношении фильтрации значительно менее жесткие и вполне обеспечиваются выбранной схемой и параметрами фильтра.

Налаживание и корректировка предварительного усилителя сигналов изображения

Налаживание этого усилителя может быть значительно облегчено, если будут выполнены все требования, предъявляемые к монтажу таких усилителей, а также будут применены высококачественные детали. Особое внимание надо уделить подбору электролитических конденсаторов, стоящих в цепях коррекций низких частот, а также конденсаторов, включенных в цепях экранирующих сеток и в цепях катодов. Плохое качество этих конденсаторов или резкое отличие фактической емкости от этикетной, часто бывают причиной самовозбуждения.

Целесообразно поэтому все детали, предполагаемые к использованию в усилителях, подвергнуть предварительной проверке.

При налаживании усилителя прежде всего необходимо обеспечить нормальный режим ламп всех ступеней. Затем, к выходному гнезду подключается осциллограф. При нормальной работе усилителя на его экране должны быть «видны» шумы в виде «травки», а при легком постукивании по шасси усилителя должен быть «виден» сильный микрофонный эффект.

Усилитель не должен самовозбуждаться, даже если проводник, соединяющий вход усилителя с сигнальной пластиной передающей трубки, ни с чем не будет соединен и не будет замкнут на землю. В случае возникновения самовозбуждения этот проводник необходимо соединить с шасси и уже затем устранять самовозбуждение. Методика устранения самовозбуждения обычная — просмотреть внимательно монтаж и, если нужно, разнести сеточные и анодные цепи одной и той же ступени, а если это не помогает, то установить экран между сеточными и анодными цепями. Недопустимо заключение сеточных и анодных проводников в экранную оплетку.

Если перечисленными методами устранить самовозбуждение не удается, то придется несколько понизить напряжение на экранирующих сетках усилительных ламп.

Следующий этап — корректирование частотной характеристики — должен быть проделан с особенной тщательностью, так как от него зависит качество передаваемого изображения.

Для корректировки частотной характеристики необходимо подключить ГСС ко входу усилителя. Установить частоту ГСС, равную 100 *кгц* (напряжение, снимаемое с ГСС, должно быть равно 0,01 *в*). К выходу усилителя присоединяется осциллограф. На его экране (при соответствующей частоте развертки) должна быть видна четкая и устойчивая синусоида. Допустимо некоторое подрагивание изображения при сотрясении шасси усилителя (микрофонный эффект). Если синусоида получается ограниченной, необходимо определить, какая ступень ограничивает, и изменить смещение на управляющей сетке лампы этой ступени.

Одновременно параллельно осциллографу к выходу предварительного усилителя подключают катодный вольтметр. При напряжении на входе, равном 0,01 *в*, на выходе усилителя должно быть напряжение, равное 1—1,5 *в*; если коэффициент усиления получится меньше, необходимо проверить качество ламп и путем их подбора получить нужные результаты.

Количество ступеней изменять нельзя, так как при этом изменится полярность модуляции радиопередатчика. Надо, чтобы модуляция была негативной, что и обеспечивается указанным в схемах количеством ступеней всего усилителя, включая модулятор. В крайнем случае допустимо некоторое увеличение анодных нагрузок. Далее, при частоте 100 *кгц* и напряжении на входе 0,01 *в* измеряется напряжение на выходе.

Та же операция проделывается на частотах 0,5; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 и 5 *мггц*. По полученным данным можно построить график.

Частотная характеристика предварительного усилителя ХМТЦ, снятая описанным методом, приведена на кривой *I* фиг. 30.

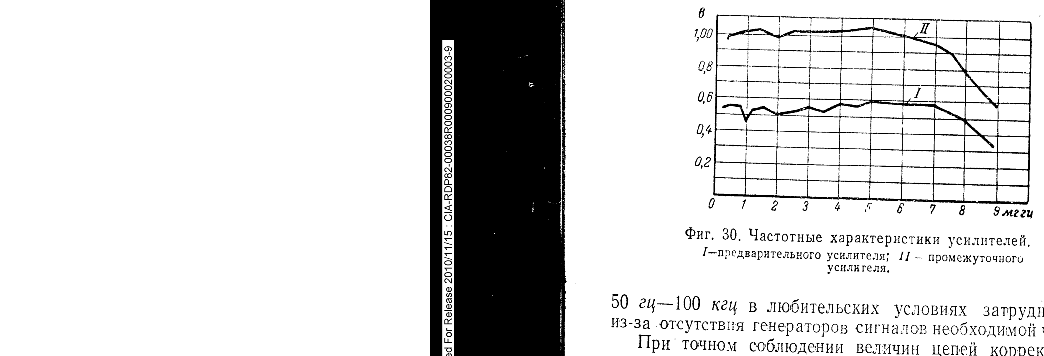
Допустимы отклонения характеристики от прямой не более 10—15%. Если отклонения будут больше допустимых, необходимо аналогичным описанному способом снять частотную характеристику каждой ступени в отдельности, определить, какая из ступеней искажает. Наиболее часто полу-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

чаются частотные характеристики с большим подъемом в области 2 ÷ 5 *мггц* и затем плавным спадом до 7 *мггц*. В этом случае необходимо отмотать несколько витков корректирующего дросселя проверяемой ступени, добиваясь устранения «горба». В результате подбора индуктивности дросселей характеристика усилителя должна иметь допустимой величины отклонения от прямой. Снятие характеристики в области



Фиг. 30. Частотные характеристики усилителей.
I—предварительного усилителя; *II* — промежуточного усилителя.

50 *гц*—100 *кгц* в любительских условиях затруднительно из-за отсутствия генераторов сигналов необходимой частоты.

При точном соблюдении величин цепей корректировки низких частот характеристика в этой области получается достаточно линейной и не требует дополнительной регулировки.

Налаживание промежуточного усилителя

Налаживание и корректировка рассматриваемого усилителя принципиально не отличаются от налаживания и корректировки предварительного усилителя. В случае возникновения самовозбуждения методика его устранения та же, но надо иметь в виду, что регулятор усиления должен быть установлен в положение максимального усиления, а смещение в ограничительной ступени $Л_3$ должно быть минимальным. При корректировке генератор ГСС надо подключить непосредственно к сетке первой лампы (без корректирующей цепи). Коэффициент усиления схемы должен быть равен 500. Частотная характеристика промежуточного усилителя приведена на фиг. 30.

После раздельного испытания предварительного и промежуточного усилителей производится испытание усилителей в комплексе, для чего выход предварительного усилителя соединяют коаксиальным кабелем (волновое сопротивление 200 *ом*) со входом промежуточного усилителя.

Важно, чтобы при соединении обеих составных частей усилитель работал устойчиво и не возбуждался. Корректирующую цепь проще всего отрегулировать по изображению на контрольной трубке. Такой способ регулировки фазовой характеристики описан в разделе «Регулировка видеотракта в целом».

Налаживание блока разверток

Налаживание строчной развертки начинают с испытания работы строчного задающего мультивибратора. Обычно мультивибратор начинает генерировать с первого включения. Его необходимо настроить на частоту 16 000 *гц*; проверку частоты, генерируемой мультивибратором, можно произвести следующим образом: на вертикальные отклоняющие пластины осциллографа с катода мультивибратора подаются импульсы, а на горизонтальные — синусоидальное напряжение от звукового генератора с частотой 16 000 *гц* (8 000 *гц*). Регулируя потенциометр R_5, добиваются положения, при котором на экране осциллографа виден один цикл работы мультивибратора (два цикла — при частоте синусоидального напряжения 8 000 *гц*). Далее, проверяется длительность генерируемых импульсов. Частота развертки осциллографа устанавливается равной 8 000 *гц*; при этом будут просматриваться два полных периода колебаний мультивибратора. Отношение длительности импульса ко всему периоду колебания мультивибратора должно быть, примерно, равным 1 : 10. Если длительность отличается от требуемой, изменяют величину сопротивления R_1. Надо иметь в виду, что при изменении величины этого сопротивления может измениться и частота генерируемых колебаний, что вызывает необходимость повторного регулирования частоты мультивибратора.

Налаживание разрядных ламп и выходных ступеней строчной развертки ничем не отличается от налаживания аналогичных ступеней в телевизорах и сводится к получению растра необходимых размера (по горизонтали) и хорошей линейности.

Для удобства проверки линейности вначале налаживают ступень усилителя, находящуюся на шасси блока разверток. Подавая на сетку ламп этой ступени сигнал от ГСС с частотой 160 *кгц*, добиваются такого положения, чтобы на экране

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

трубки было видно 10 темных и светлых вертикальных полос. Равномерное распределение полос будет свидетельствовать о линейности развертки, а их количество укажет на то, что задающий генератор генерирует необходимую частоту.

Кадровый задающий мультивибратор испытывается и налаживается теми же методами, что и строчный. В отличие от последнего кадровый мультивибратор должен быть синхронизирован с напряжением сети. Для просматривания импульсов этого мультивибратора развертка осциллографа синхронизируется с сетью; частота развертки устанавливается равной 25 периодам в секунду.

Необходимо убедиться, что частота развертки осциллографа действительно равна 25 *гц* (должны быть видны два полных периода синусоиды). Если теперь подключить осциллограф к катоду мультивибратора, то на экране должны быть видны два полных периода колебаний мультивибратора.

Если импульсы будут перемещаться или их будет больше чем два, то, манипулируя регулировкой «синхронизация кадровой развертки», устанавливают требуемую картину. Если же, несмотря на все манипуляции, устойчивой картины получить не удается, надо проверить систему синхронизации, для чего осциллограф подключается к сетке $Л_7$, затем — к аноду $Л_7$ и к сетке $Л_8$.

Необходимо добиться, чтобы во всех указанных точках было соответствующее напряжение (форма напряжения показана на фиг. *о* на 3-й стр. обложки).

Добившись устойчивой синхронизации мультивибратора, проверяют действие цепи фазирования. При вращении ротора сельсина в одном направлении картина на осциллографе должна плавно перемещаться также в одном направлении (развертка осциллографа должна быть синхронизирована с сетью). В любом положении ротора сельсина синхронизация должна быть устойчивой. Срыв синхронизации, а также перемещение импульсов то в одном, то в другом направлениях при вращении ротора сельсина в одну сторону свидетельствуют об отсутствии одной фазы на статоре сельсина.

Далее приступают к регулировке длительности генерируемых мультивибратором импульсов путем подбора сопротивления R_{29}. Остальные ступени кадровой развертки электронно-лучевой трубки — такие же, как и в схемах телевизоров, а способы их налаживания неоднократно освещались на страницах журнала «Радио» и в специальной литературе.

При налаживании строчной развертки передающей трубки необходимо особое внимание обратить на хорошее демпфирование, в противном случае картинка будет испорчена вертикальными темными полосами.

Проводники, соединяющие выходную обмотку трансформатора с отклоняющей системой, должны быть выполнены в виде коаксиального кабеля с большим волновым сопротивлением. Особенно тщательно надо экранировать этот проводник в камере, чтобы избежать наводок от кабелей строчного генератора на вход предварительного усилителя. Линейность развертки, размер растра, а также устройство, компенсирующее трапецоидальные искажения, регулируются по изображению, полученному при работе всего тракта.

Налаживание цепей формирования сигнала компенсации черного пятна и цепей формирования бланкирующих и синхронизирующих импульсов

Налаживание этих узлов телевизионного центра можно производить без подключения предварительного усилителя, но блок разверток (развертки контрольной трубки) должен быть налажен и подключен к блоку промежуточного усилителя.

Налаживание начинают с проверки (при помощи осциллографа) формы подводимых к блоку промежуточного усилителя импульсов — строчных и кадровых. Далее, проверяют форму импульсов на аноде лампы $Л_6$. Подбирая смещение, необходимо добиться положения, при котором на аноде ламп будут правильной формы прямоугольные импульсы (смешанные кадровые и строчные, фиг. *д* и *с* на 3 странице обложки). Чтобы просмотреть кадровые импульсы, необходимо установить частоту развертки осциллографа 25 *гц*, а для просмотра строчной частоты необходимо установить частоту развертки 8 *кгц*. Надо иметь в виду, что для получения правильного представления о форме импульсов усилитель осциллографа должен быть широкополосным. Если полоса его пропускания меньше 2—3 *мгц*, то просмотр и оценка формы импульсов производятся без усилителя. Исследуемое напряжение через конденсатор подается непосредственно на отклоняющие пластины осциллографа.

Если края импульсов будут закруглены, необходимо изменить монтаж анодной цепи лампы $Л_6$ с целью уменьшения его емкости.

Затем проверяется действие ограничителя бланкирующих импульсов (регулировка фона), для чего просматривают

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

форму бланкирующих импульсов на выходе промежуточного усилителя. При увеличении смещения на лампе $Л_3$ высота бланкирующих импульсов должна уменьшаться.

Налаживание цепей формирования сигнала компенсации черного пятна производится в следующей последовательности: испытывается действие генераторов пилообразных напряжений, затем регулируют фазоинверсные схемы.

На анодах и катодах ламп $Л_8$ должны быть одинаковые и противоположные по знаку пилообразные напряжения. Катодный повторитель налаживать не приходится, поэтому после проверки действия потенциометров R_{40}, R_{41}, R_{49}, R_{50} дальнейшую регулировку генератора сигнала компенсации черного пятна можно проводить, подключив осциллограф к выходу промежуточного усилителя. Осциллограф синхронизируют частотой строк и просматривают форму сигнала компенсации черного пятна по строкам (целесообразно временно отключить подачу кадрового сигнала компенсации черного пятна).

В среднем положении потенциометров R_{49} и R_{50} никакого сигнала не должно быть. При вращении ручки потенциометра R_{50} должна вводиться пилообразная составляющая сигнала компенсации черного пятна (фиг. 31,*а*). Если при повороте на необходимый угол потенциометра R_{50} амплитуда пилообразной составляющей резко возрастает, необходимо увеличить сопротивление R_{55}, в противном случае R_{53} уменьшают.

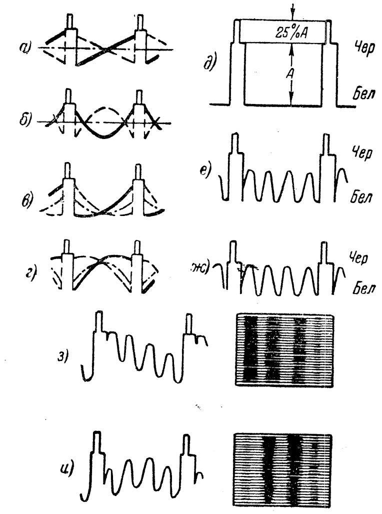
Далее устанавливают потенциометр R_{50} в среднее положение (пилообразная составляющая сигнала компенсации черного пятна равна нулю) и проверяют действие регулировки параболической составляющей (фиг. 31,*б*). В случае образования несимметричной параболы необходимо увеличить емкость конденсатора C_{35}, но надо иметь в виду, что это приводит к резкому уменьшению величины сигнала.

Необходимо добиться подбором указанных сопротивлений и емкостей такого положения, чтобы, вращая обе регулировки (R_{49} и R_{50}), можно было получить сигналы, показанные на фиг. 31,*в* и 31,*г*.

Аналогичным образом производится регулировка цепей формирования кадровой составляющей сигнала компенсации черного пятна.

Необходимо обратить внимание, чтобы в среднем положении потенциометров R_{40} и R_{41} сигнал компенсации черного пятна был совершенно снят. Регулирование цепей формирования и ввода синхронизирующих импульсов сводится

к подбору необходимого смещения на сетках лампы $Л_5$, с тем чтобы величина синхронизирующих импульсов не превышала 25—30% от высоты бланкирующих импульсов (фиг. 31,*д*). Очень важно выдержать одинаковую высоту строчных и кадровых синхронизирующих импульсов.



Фиг. 31. Формы сигналов компенсации „черного пятна".

а — пилообразная составляющая; *б* — параболическая составляющая; *в* и *г* — суммарные сигналы; *д* — регулятор усиления выведен; *е* — светлый фон (смещение на сетке $Л_3$—минимальное); *ж* — темный фон (смещение на сетке $Л_3$ максимальное; *з*—ввод пилообразной составляющей; *и*—ввод параболической составляющей.

Длительность синхронизирующих импульсов должна быть равна 0,2—0,3 от длительности соответствующего бланка. Регулируется длительность подбором постоянной времени дифференцирующих цепей из $C_{28}R_{29}$ и $C_{27}R_{28}$.

Чтобы окончательно проверить действие усилителя в целом, к промежуточному усилителю подключают предвари-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

тельный усилитель; на вход усилителя подают сигнал от ГСС (100 *кгц*, 0,01 *в*); на осциллографе должен быть виден полный телевизионный сигнал (фиг. 31,*е*), а на контрольной трубке — вертикальные полосы. Далее испытывается действие генератора сигналов компенсации черного пятна и регулировки фона. Вращая регулировку генератора сигналов компенсации черного пятна, можно высветить середину картинки или края, верх или низ (фиг. 31,*з* и 31,*и*).

При регулировке «фона» (фиг. 31,*е* и 31,*ж*) амплитуда сигнала (синусоиды) должна изменяться мало, в то время как величины бланков должны изменяться в широких пределах. Необходимо также проверить (и, если нужно, отрегулировать) действие регулятора усиления.

Первое включение иконоскопа

Перед установкой трубки в камеру необходимо проверить подводимое к его электродам напряжение, а также действие цепи гашения обратного хода.

Это легко проделать, измеряя напряжение между соответствующими гнездами колодочки, через которую осуществляется питание передающей трубки.

Предостережение: необходимо иметь в виду, что некоторые гнезда колодочки находятся под потенциалом 1 000 *в*.

Проверяют: 1) напряжение накала — оно должно быть равным 6,3 *в* (гнездо *1—8*); 2) напряжение на катоде по отношению к земле—1 000 *в* (гнездо *7*); 3) смещение на управляющем электроде по отношению к катоду должно быть равно от 0 до 100 *в*, в зависимости от положения потенциометра «ток луча иконоскопа» (между гнездами *6—7*); 4) измеряется напряжение на фокусирующем электроде — оно должно изменяться (в различных положениях регулировки «фокусировка луча иконоскопа») от +200 до +400 *в* (между гнездами *5—7*).

Проверку работы гасящей ступени производят с помощью осциллографа. Импульсы на управляющем электроде должны быть правильной прямоугольной формы, причем основание импульсов должно быть совершенно ровным (моменты, когда иконоскоп открыт). Лишь убедившись в том, что напряжение, подводимое к электродам передающей трубки, имеет требуемую величину, устанавливают трубку и включают установку.

Перед включением видеотракта потенциометр «ток луча иконоскопа» устанавливают в положение, при котором луч

будет полностью заперт (максимальное смещение), регулировку усиления — в положение «максимальное», регулировку фона — в среднее положение. Включив питание блоков видеотракта, необходимо убедиться в наличии развертывающих токов на отклоняющих катушках трубки (просмотреть осциллограммы на последовательно включенных с катушками сопротивлениях малой величины) и, только проделав это, можно плавно увеличивать ток луча трубки, наблюдая за контрольной трубкой. При определенном токе луча на экране контрольной трубки станет видна мозаика в виде темного прямоугольника или пятна. Как только будет замечено потемнение растра, хотя бы в одном месте, необходимо прекратить увеличение тока луча. Перемещением растра передающей трубки убедиться в том, что видна действительно мозаика.

Регулируя фокусировку и ток луча, добиться получения четких очертаний мозаики. Может оказаться, что изображение мозаики слишком большое и не помещается на растре контрольной трубки (края мозаики видны только при перемещении растра передающей трубки).

Это значит, что размер растра передающей трубки мал и его надо увеличить. И, наоборот, когда видна вся мозаика и даже часть баллона иконоскопа, это значит, что растр передающей трубки слишком велик и его надо уменьшить.

Если мозаика будет находиться под некоторым углом по отношению к растру контрольной трубки, необходимо повернуть отклоняющую систему передающей трубки. Поворачивать отклоняющую систему можно, не выключая установки, но соблюдая большую осторожность. Если изображение мозаики будет иметь вид параллелограмма, то необходимо повернуть кадровую отклоняющую систему относительно строчной.

Изменением положения магнитов компенсации трапецоидальных искажений добиваются положения, при котором изображения мозаики приобретают форму правильного прямоугольника. Регулировкой размера растра передающей трубки устанавливают такой его размер, чтобы края мозаики не были видны.

Регулировка видеотракта в целом, устранение дефектов передаваемого изображения

При регулировке видеотракта по изображению на контрольной трубке очень удобно пользоваться испытательной таблицей (см. фигуру на 2-й странице обложки). Изображе-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

ние испытательной таблицы с помощью алоскопа проектируется на мозаику передающей трубки. Регулированием тока луча, фокусировкой луча передающей трубки устанавливают наилучшую контрастность и четкость полученного на контрольной трубке изображения. Следует иметь в виду, что при увеличении тока луча контрастность увеличивается, но одновременно увеличивается и сигнал черного пятна. Надо выбрать такой ток луча, при котором черное пятно еще можно компенсировать.

Получив изображение и «выжав» все возможное от регулировок передающей трубки, производят регулировку компенсирующей цепи C_1R_2. При увеличении емкости переменного конденсатора будет наблюдаться такое явление: изображение нечеткое и расплывчатое (вдоль строк), затем четкость улучшается, достигает наилучшего значения; при дальнейшем введении емкости появляется рельефность (пластика), границы между черным и серым резко подчеркиваются белой яркой каймой. Конденсатор корректирующей цепи необходимо оставить в положении, в котором еще не возникает рельефности, а четкость получается максимальной. Малая четкость вдоль строк свидетельствует о срезании высоких частот; неравномерный фон по вертикали свидетельствует об искажениях на низких частотах. В случае если указанные недостатки сильно выражены, надо еще раз тщательно проверить корректировку усилителя. Искажения на низких частотах (неравномерный фон) иногда удается компенсировать сигналом компенсации черного пятна.

Если изображение на контрольной трубке получается зеркальным или перевернутым, необходимо переключить концы соответствующих отклоняющих катушек передающей трубки, но прежде надо убедиться, правильно ли включены катушки контрольной трубки. Чтобы в этом убедиться, выводят ток луча иконоскопа и, манипулируя ручками генератора сигналов компенсации черного пятна, высветливают левый край растра, просматривая строчный сигнал на осциллографе. Сигнал будет представлять собой пилообразное напряжение, повышающееся слева направо; если это так, при зеркальном изображении необходимо переключить концы отклоняющих катушек передающей трубки, в противном случае необходимо произвести переключения в цепях катушек строк контрольной трубки.

Аналогичным методом можно пользоваться при получении перевернутого изображения. Иногда изображение может получиться на фоне темных и светлых вертикальных полос,

появляющихся при плохом демпфировании в цепях строчной развертки и при плохой экранировке строчных катушек от входных цепей предварительного усилителя. Регулировкой полупеременного конденсатора, включенного в цепь строчной катушки, можно уменьшить, а иногда и совсем убрать полосы. Если же регулировки нехватает, или же она совсем не влияет на устранение полос, то придется улучшить демпфирование и экранировку.

Одна, две или шесть горизонтальных темных полос свидетельствуют о наличии фона переменного тока в пределах, превышающих допустимые. Для устранения фона прежде всего необходимо установить его источник. Если темных полос всего одна, то чаще всего источником фона являются цепи накала. Если же три или шесть (или две при двухполупериодном выпрямлении), то источником фона является выпрямитель питания анодных цепей (необходимо улучшить фильтрацию). Иногда большой уровень фона переменного тока вносят цепи ввода бланкирующих импульсов. Чтобы избавиться от фона, вносимого этими цепями, лампу $Л_6$ ставят в режим, при котором она полностью закрыта и отпирается лишь на время действия бланкирующих импульсов.

Наличие светлых вертикальных пятен посредине растра, перемещающихся при изменении регулировок строчной развертки, указывает на плохую форму строчного бланкирующего импульса. Если же при просмотре строчного бланка окажется, что он имеет правильную П-образную форму, то указанное явление может быть следствием разряда мозаики при строчном обратном ходе. Чтобы устранить этот недостаток, придется схему гашения обратного хода луча передающей трубки дополнить второй лампой, анод и катод которой соединяются с анодом и катодом лампы $Л_6$ (фиг. 3), а на сетку подаются импульсы с катода строчного задающего мультивибратора.

Причиной геометрических искажений могут быть нелинейность разверток или неправильная установка магнитов компенсации трапецоидальных искажений. Для установления источника искажений необходимо вначале снять компенсирующие магниты, и, только получив хорошую линейность развертки передающей трубки, приступают к регулировке системы компенсации трапецоидальных искажений. Выключая видеотракт, всегда необходимо вначале вывести ток луча передающей трубки, а затем производить выключение.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Налаживание и корректирование модулятора

Принципиально модулятор корректируется так же, как и видеоусилитель; теми же методами добиваются получения линейной частотной характеристики. Очень важно проверить прохождение кадровых бланкирующих импульсов без искажений. Если на выходе модулятора импульсы искажены, необходимо подобрать цепи низкочастотной коррекции.

В модуляторе весьма вероятно возникновение явления ограничения напряжений; необходимо отрегулировать смещение на сетке ограничивающей ступени.

Предостережение: при налаживании модулятора надо соблюдать большую осторожность, так как в цепях модулятора имеются опасные для жизни напряжения.

При подборе деталей для модулятора особое внимание надо обратить на подбор переходных конденсаторов; они часто бывают причиной выхода из строя ламп. Конденсатор C_{15} должен быть испытан на напряжение не менее 3 000 *в*, а конденсатор C_{10} — на напряжение 1 000 *в*.

Смещение на выходную ступень передатчика устанавливается потенциометром R_{17}. Необходимо проверить его действие вольтметром постоянного тока (измеряется напряжение между катодом выходной лампы модулятора и землей, но не минусом анодного напряжения модулятора). При вращении ручки потенциометра R_{17} напряжение должно меняться от 0 до 300 *в*. Если пределы иные, изменяют величины сопротивлений R_{16} и R_{18}.

Настройка передатчика

Налаживание работы передатчика начинается с запуска задающего генератора. Лампы передатчика необходимо «оттжестить», для чего включают накал, постепенно доводя ток накала до 35 *а*. В таком положении (без включения анодного напряжения) лампы должны проработать не менее часа. Затем подается анодное напряжение, но только на задающий генератор. Подавать анодное напряжение надо ступенями, от минимального к большему, производя переключение первичной обмотки повышающего трансформатора.

Как только возникнет генерация, повышение напряжения необходимо прекратить. Напряжение не следует повышать более чем до 2 000 *в*. Генерацию можно обнаружить с помощью неоновой лампочки, которая при приближении ее к контурам задающего генератора должна светиться.

Если генерации не возникнет, необходимо несколько увеличить сопротивление R_1.

Дальше производится настройка задающего генератора на заданную частоту (в ХМТЦ — 59,25 *мггц*).

Предостережение: производя дальнейшую настройку контуров задающего генератора, необходимо остерегаться прикосновения незащищенными руками к контурам передатчика: прикосновение вызывает сильные ожоги токами высокой частоты.

Необходимо иметь в виду, что на изменение частоты в большей степени влияет сеточный контур и в меньшей — катодный. Частота задающего генератора измеряется с помощью волномера УВ-3; измерение надо производить на достаточно большом расстоянии (можно сжечь термопару прибора).

Для изменения частоты передатчика необходимо, перемещая закорачивающий мостик, удлинять сеточную линию (в случае, если частота больше заданной) и, наоборот, укорачивать ее, если частота ниже.

Настройкой катодного контура добиваются генерирования максимальной мощности. О мощности можно судить хотя бы по расстоянию от контуров, на котором зажигается неоновая лампочка. После настройки катодной линии необходимо вновь проверить частоту, и, если необходимо, подстроить сеточный контур. Обычно настройка задающего генератора не представляет больших трудностей.

Значительно труднее наладить оконечную ступень. Прежде всего надо убедиться в том, что она не самовозбуждается. С этой целью питание анода снимается с задающего генератора и подается на выходную ступень. Возбуждение можно определить с помощью неоновой лампочки. Необходимо, чтобы ступень не возбуждалась ни при каких настройках контуров при анодном напряжении около 3 *кв* и смещениях на сетках — 50 *в*.

Анодный контур выходной ступени должен быть нагружен либо на антенну, либо на эквивалентное безиндукционное сопротивление (равное сопротивлению антенны). Отводы антенны должны находиться на расстоянии примерно двух третей длины линии от закорачивающего мостика.

В случае возникновения самовозбуждения производят настройку цепей нейтрализации, для чего подключают осциллограф или вольтметр ВКС-7 к выходу параллельно фидеру (после разделительных конденсаторов) (фиг. 32).

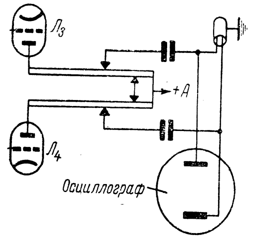
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Анодное напряжение подают только на задающий генератор. При хорошо отрегулированных цепях нейтрализации C_{10} и C_{11} напряжение в фидере будет почти полностью отсутствовать.

Убедившись, что выходная ступень не возбуждается, приступают к настройке ее контуров. Анодное напряжение подается на обе ступени. Настраивая катодный и анодный контуры, добиваются максимальных показаний катодного вольтметра, включенного параллельно фидеру; одновременно устанавливают оптимальную связь с антенной и с задающим генератором. После предварительной настройки контуров выходной ступени необходимо еще раз проверить описанным методом настройку цепей нейтрализации, а затем вновь подстроить контуры. В некоторых случаях, при отсутствии самовозбуждения, в цепях нейтрализации не будет надобности; так, после окончательной настройки передатчика ХМТЦ эти цепи были отключены. Далее необходимо снять модуляционные характеристики передатчика, для чего, изменяя смещение на сетках выходных ламп, одновременно записывают показания прибора, включенного в фидер.



Фиг. 32. Схема подключения осциллографа для просмотра модуляции.

Модуляционная характеристика напоминает сеточную характеристику лампы и должна иметь большой прямолинейный участок. Если модуляционная характеристика получится неудовлетворительной, необходимо изменить связи с задающим генератором и вновь проделать все настройки.

Получив более или менее удовлетворительную модуляционную характеристику, можно пробовать модулировать передатчик. Для проверки качества модуляции параллельно фидеру подключают осциллограф; на вход модулятора можно подать напряжение от генератора звуковой частоты.

На осциллографе должна быть видна четкая и устойчивая картина модуляции высокочастотных колебаний. Необходимо обратить внимание, чтобы огибающая синусоида не была ограничена (при входном напряжении на модуляторе, равном 3—4 *в*).

Глубина модуляции должна быть примерно равной 50—60%. Если она получится меньшей, то изменяют связь с задающим генератором модулятора и вновь проделывают все настройки.

Получив удовлетворительную модуляцию колебаний радиопередатчика изображений от звукового генератора, пробуют принять сигнал передатчика на фабричный, заведомо исправный телевизор. На экране приемника должны быть видны темные и светлые горизонтальные полосы. Убедившись в том, что при заданной глубине модуляции и полученной мощности радиус действия передатчика может удовлетворить хотя бы первые запросы, можно пробовать модулировать передатчик сигналом изображения. В этом случае передатчик должен быть отнесен от прочей аппаратуры на расстояние не менее 30—40 *м*, в противном случае неизбежны наводки колебаний передатчика на вход видеотракта, что вызовет появление двойных-тройных контуров, сетки или белой пелены.

Обнаружить наводки передатчика можно, если модулировать передатчик от звукового генератора, одновременно просматривая картину на приемнике и на контрольной трубке.

Если изображение на контрольной трубке будет на фоне темных полос, это значит, что видеоканал недостаточно огражден от сигналов передатчика. Борьба с наводками собственного передатчика довольно трудна. С целью устранения наводок надо тщательно проверить качество заземления и надежность соединений шасси и экранов с землей. Желательно произвести экранировку всей комнаты, в которой находятся камера и главный пульт. Часто причиной наводок собственного передатчика может явиться коаксиальный кабель, соединяющий видеоусилитель с модулятором. По оплетке этого кабеля и поступает высокая частота в видеоканал. Чтобы оградить ее проникновение, необходимо оплетку кабеля тщательно заземлить в начале линии, в ее конце и на всем протяжении в нескольких местах (через 3—4 *м*). При устранении наводок необходимо проверить качество заземления станин кинопроекторов и, особенно, камеры. Иногда изменением места подсоединения заземления к камере удается полностью убрать наводки.

Весьма целесообразно для настройки передатчика изготовить монитор, состоящий из детектора видеоступени и электронно-лучевой трубки с системой разверток. Подавая сигнал от фидера на этот монитор, можно производить

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

настройку передатчика непосредственно по качеству получающегося изображения, следя за четкостью изображения вдоль строк.

В случае возникновения на трубках монитора или телевизора многократных контуров необходимо проверить бегучесть волны в фидере. С этой целью в разрыв фидера у передатчика включают отрезок открытой линии длиной 3—4 *м*, с волновым сопротивлением, равным 150 *ом*. Неоновая лампочка, поднесенная к линии, должна светиться с одинаковой интенсивностью на всем протяжении линии. Включив тепловой амперметр в разрыв одного из проводников фидера, можно, зная сопротивление нагрузки по току, ориентировочно определить мощность передатчика. Желательно проверить наличие тока в самой антенне, для чего тепловой амперметр включают в разрыв одного из проводников фидера непосредственно у вибратора. Показания прибора при хорошей бегучести волны должны быть примерно такими же, как и у передатчика. Если бегучесть плохая, необходимо проверить волновое сопротивление фидера и, если оно не равно 150 *ом*, заменить фидер.

Для облегчения и ускорения настройки передатчика совершенно необходимо иметь хотя бы один тщательно настроенный и проверенный телевизор. Этот телевизор устанавливается на расстоянии 2—3 *км* от телевизионного центра. Весьма желательно, чтобы в месте приема был телефон. Приемный пункт должен быть оборудован высококачественной наружной антенной с хорошо согласованным фидером.

При налаживании передатчика по принимаемому изображению необходимо обратить внимание на четкость, контрастность, синхронизацию, равномерность фона картинки и отсутствие вторичных контуров или пластики. Надо сопоставлять качество изображения на приемнике с качеством изображения на контрольной трубке. Изображения должны мало отличаться друг от друга. Если окажется, что четкость в эфире значительно ниже четкости на контрольной трубке, необходимо проверить частотную характеристику модулятора при подключенных лампах передатчика, а также модуляционную характеристику передатчика и, если окажется необходимым, больше загрузить выходной контур передатчика.

Малая контрастность принимаемого изображения свидетельствует о недостаточной глубине модуляции, а плохая

синхронизация — об ограничении синхронизирующих импульсов в модуляторе или плохой форме телевизионного сигнала.

Часто бывает, что не синхронизируется часть верхних строк; это получается, если кадровый синхронизирующий импульс имеет слишком большую длительность или если вершины синхронизирующих импульсов не находятся на одном уровне (если кадровые импульсы выше строчных).

Причиной появления вторичных контуров и пластики могут быть как телевизор, так и передатчик. Чтобы не искать напрасно причину искажений изображения в передатчике, надо убедиться, не кроется ли она в телевизоре. С этой целью изменяют положение приемной антенны, внимательно следя за характером искажений, — не изменяются ли они. Желательно испытать качество принимаемого изображения в нескольких точках города, и только убедившись в том, что причина искажений заключена в передатчике, производить его регулировку. Вторичные контуры и пластика могут возникнуть при плохом согласовании фидеров с антенной или контурами передатчика.

Неравномерность фона картинки свидетельствует либо о плохой коррекции низких частот (надо проверить прохождение кадрового бланка в модуляторе), либо о плохой фильтрации пульсаций переменного тока в источнике высокого напряжения.

На вопросах налаживания тракта звукового сопровождения мы не останавливаемся, так как оно не представляет больших затруднений. Однако при испытании передатчика звукового сопровождения надо тщательно проверить генерируемую им частоту (при отсутствии модуляции). Особенно важно выдержать точно разнос частот между передатчиками сигналов изображения и звукового сопровождения. Он должен быть равен 6,5 *мгц*; это очень важно, поскольку при ином разносе частот телевизоры типа КВН-49 не смогут принимать звуковое сопровождение.

При установке необходимой величины разноса частот надо подгонять частоту передатчика сигналов изображения под частоту передатчика звукового сопротивления, поскольку передатчик звукового сопровождения стабилизируется кварцем.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

РЕЗУЛЬТАТЫ И ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРАКТА СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Полученные результаты

Изготовленная в Харькове радиолюбителями описанная выше аппаратура полностью подтверждает возможность строительства малого телевизионного центра силами коллективов радиолюбителей при поддержке местных партийных и общественных организаций, а также подтверждает все предположения, касающиеся выбора стандарта четкости, типа развертки, мощности передатчика и т. д.

При опытных передачах изображения на контрольной трубке по вертикали получена четкость около 300 строк (по испытательной таблице); четкость вдоль строк более 350, т. е. выше той, на которую рассчитывалась аппаратура. Это объясняется тем, что полоса пропускания видеоусилителя значительно более широкая, чем это требуется для обеспечения четкости 320 строк.

Четкость в эфире получилась несколько ниже. Прием производился на телевизоры «Ленинград Т-1» с применением наружной телевизионной антенны. Четкость принимаемого изображения по кадрам — того же порядка, что и на контрольной трубке, т. е. около 300 строк. Четкость по строкам — 320 ÷ 350 строк.

Величина сигнала на расстоянии 3—4 *км* от телевизионного центра настолько большая, что регулировку контрастности приходится несколько выводить. Синхронизация как по строкам, так и по кадрам хорошая, так что за время сеанса пользоваться ручками синхронизации приходится в исключительных случаях (при больших помехах).

Качество звукового сопровождения вполне удовлетворительное.

От передатчика изображений при указанных четкостях удалось получить полезную мощность около 300 *вт*. При этом радиус действия телевизионного центра равен 10 *км*. На расстоянии 10 *км* прием можно вести на обычные телевизоры и наружные антенны. Испытывалась возможность приема и на расстоянии 20 *км*. На таком расстоянии прием менее уверенный, приходится применять антенны с большой направленностью и несколько подстраивать телевизор с целью увеличения его чувствительности.

Целесообразное изменение аппаратуры ХМТЦ

Строительство любительского телевизионного центра принесло большое количество ценного материала и помогло в накоплении опыта и навыков в налаживании телевизионной аппаратуры. Вместе с тем оно вскрыло необходимость внесения некоторых конструктивных и схемных изменений в аппаратуру.

Выводы о целесообразности некоторых изменений в схемах и конструкциях ХМТЦ и приведены в настоящем разделе.

В главном пульте обязательно наличие контрольного осциллографа (монитора), позволяющего непрерывно контролировать форму телевизионного сигнала. Помимо контроля осциллограф значительно облегчит процесс налаживания аппаратуры.

Для того чтобы пользоваться контрольным осциллографом при налаживании аппаратуры, надо закончить его изготовление до окончания усилителя.

Контрольный осциллограф должен иметь широкополосный усилитель вертикального отклонения с полосой до 5—6 *мггц*. Развертки осциллографа могут иметь две фиксированные частоты: 25 *гц* (для просмотра кадровых сигналов) и 6—8 *кгц* (для просмотра строчных сигналов).

В усилителях видеосигналов (предварительном и промежуточном) анодные нагрузки можно увеличить до 3 000 *ом*. Такие величины анодных нагрузок смогут обеспечить пропускание усилителями необходимой полосы частот (3,6 *мггц*). В то же время коэффициент усиления на ступень значительно увеличится, что позволит исключить из схемы несколько ступеней. Исключать можно только четное количество ступеней, чтобы не изменить полярности модуляции. Очевидно, можно будет исключить одну ступень из предварительного усилителя ($Л_2$ или $Л_3$) и одну из промежуточного ($Л_2$); регулировку усиления и ввод бланкирующих импульсов необходимо в этом случае перенести в первую ступень.

Следует также найти более удачную конструкцию видеоаппаратуры. Конструкция шасси и пульта должна обеспечить легкий доступ ко всем деталям и монтажу во время работы установки, что очень важно для облегчения налаживания аппаратуры. Возможно, что оформление аппаратуры в виде отдельных стоек окажется более целесообразным, но пульт управления с контрольным кинескопом (или несколькими контрольными кинескопами) и в этом случае

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

необходим. Конструкцию камеры также желательно изменить. Для удобства манипуляции с предварительным усилителем и передающей трубкой лучше, если будут открываться боковые стенки камеры.

Кинопроекторы должны быть снабжены телеобтюраторами и дуговым освещением.

Блок питания передатчика и модулятора целесообразно собрать по шестиполупериодной схеме выпрямления, поскольку большие затруднения встречаются с приобретением конденсаторов фильтра на большие рабочее напряжение и емкость.

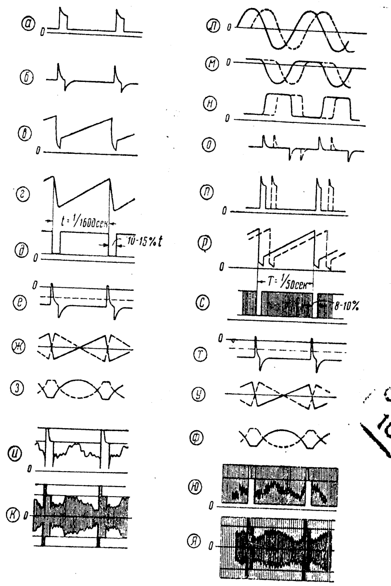
Примененные в передатчике лампы типа ВТ-98Д весьма хороши для телевидения, но сами по себе они громоздки, требуют искусственного охлаждения, высокого анодного напряжения и расходуют большую мощность на разогрев нитей.

Весьма ценным будет опыт применения ламп типа «832», примененных в любительском УКВ передатчике, описанном в журнале «Радио» № 6 за 1950 г.

Конечно, мощность передатчика с применением этих ламп будет значительно меньше, но наладить и изготовить его, очевидно, будет легче. В случае применения ламп типа «832» можно рекомендовать способ стабилизации частоты, примененной в указанном передатчике, однако необходимо тщательно продумать систему модуляции.

Можно предложить также применение передающих трубок с повышенной чувствительностью типа СИ-10. В этом случае, не повышая интенсивности освещения, можно применить телеобтюратор, отчего значительно упростятся манипуляции при устранении черного пятна, но схема должна быть дополнена системой питания катушек электрического переноса изображения.

Кривые напряжений и токов в цепях блока разверток в промежуточном усилителе и передатчике сигналов изображения.



а—напряжение на катоде строчного задающего мультивибратора $Л_1$ (фиг. 7); *б*—напряжение на сетках ламп $Л_2$ (фиг. 7); *в*—напряжение на анодах ламп $Л_2$ (фиг. 7); *г* — ток в строчных отклоняющих катушках кинескопа; *д* — напряжение на аноде $Л_6$ (фиг. 5) при частоте развертки осциллографа 8 000 *гц*; *е* — напряжение на сетке $Л_5$ (фиг. 5); *ж*—напряжение, снимаемое с потенциометра R_{50} (фиг. 5); *з* — напряжение, снимаемое с потенциометра R_{49} после интегрирования цепью $R_{51}C_{35}$ (фиг. 5); *и* — напряжение на выходе промежуточного усилителя (полный телевизионный сигнал); *к* — сигнал передатчика (при частоте развертки осциллографа 8 000 *гц*); *л* — напряжение на роторе сельсина; *м* — напряжение на сетке лампы $Л_7$ (фиг. 7); *н* — напряжение на аноде лампы $Л_7$ (фиг. 7); *о* — напряжение на сетке лампы $Л_8$ (фиг. 7) при вынутой лампе; *п*—напряжение на катоде лампы $Л_8$ (фиг. 7); *р* — напряжение на аноде лампы $Л_9$ (фиг. 7); *с* — напряжение на аноде лампы $Л_6$ (фиг. 5) при частоте развертки осциллографа 50 *гц*; *т* — напряжение на сетке лампы $Л_5$ (фиг. 5); *у*—напряжение, снимаемое с потенциометра R_{40} (фиг. 5); *ф*—напряжение, снимаемое с потенциометра R_{41} (фиг. 5) (после интегрирования цепью $R_{42}C_{33}$); *ю*—напряжение на выходе промежуточного усилителя при частоте развертки осциллографа 25 *гц*; *я*—сигнал от передатчика при частоте развертки осциллографа 25 *гц*.

СТН
10

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

Цена ~~2 р. 10 к.~~ Новая цена Р. 1 к. 70

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Москва, Шлюзовая набережная, дом 10

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

под общей редакцией академика А. И. БЕРГА

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ И ПОСТУПИЛИ В ПРОДАЖУ

БАТРАКОВ А. Д. и КИН С., Элементарная радиотехника, часть первая, Детекторные приемники, стр. 134, ц. 3 р. 85 к.

БАТРАКОВ А. В. и КЛОПОВ А. Я., Рассказ о телевизоре начинающего телезрителя, стр. 56, ц. 1 р. 75 к.

БЕЛЯЕВ А. Ф. и ЛОГИНОВ В. Н., Кристаллические усилители, стр. 64, ц. 1 р. 80 к.

ВАЙНШТЕЙН С. С. и КОНАШИНСКИЙ Д. А., Задачи и примеры для радиолюбителей, стр. 176, ц. 6 р. 10 к.

ГЕРШГАЛ Д. А. и ДАРАГАН-СУЩЕВ В. И., Самодельный вибропреобразователь, стр. 40, ц. 1 р. 15 к.

ЕГОРОВ В. А., Техника безопасности в радиолюбительской работе, стр. 16, ц. 50 к.

КОРОЛЬКОВ В. Г., Механическая система записи звука, стр. 80, ц. 2 р. 45 к.

МАЗЕЛЬ К. В., Выпрямители и стабилизаторы напряжения, стр. 120, ц. 3 р. 55 к.

СЛАВНИКОВ Д. К., Сельский радиоузел, стр. 76 +2 вкл., ц. 2 р. 50 к.

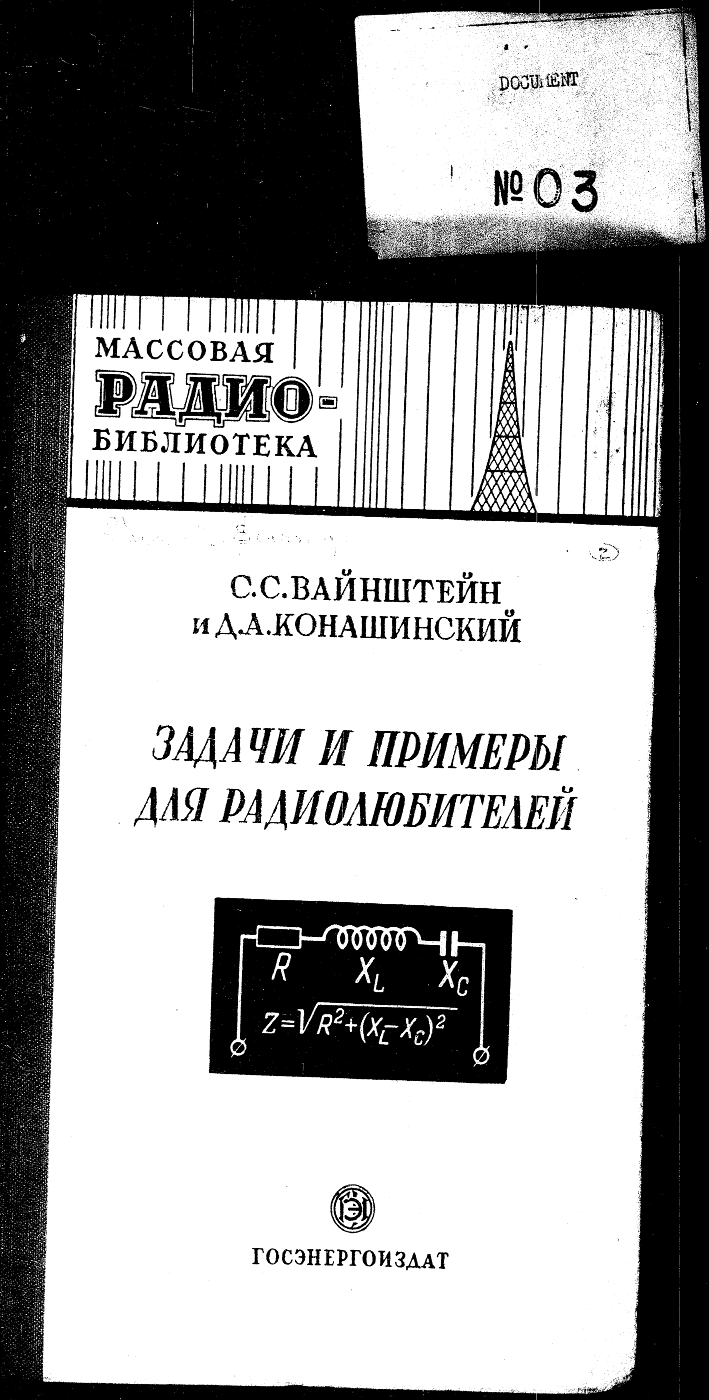
СУТЯГИН В. Я., Любительский телевизор, стр. 72, ц. 2 р. 10 к.

ТРАСКИН К. А., Радиолокационная техника и ее применение, стр. 96, ц. 2 р. 85 к.

ПРОДАЖА во всех книжных магазинах и киосках

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9



Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 112

С. С. ВАЙНШТЕЙН и Д. А. КОНАШИНСКИЙ

ЗАДАЧИ И ПРИМЕРЫ ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

Рекомендовано Управлением технической подготовки Центрального комитета Всесоюзного совета добровольного общества содействия армии в качестве пособия для радиоклубов и радиокружков

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Сборник предназначается в помощь радиолюбителям, желающим освоить принципы элементарных расчетов простейших радиотехнических цепей. В сборнике приводятся необходимые для этого основные формулы из электротехники и радиотехники, дающие возможность расчета отдельных элементов радиоцепей и решения более сложных задач. В систематическом изложении показано применение этих формул на конкретных примерах из области электротехники и радиотехники.

Редактор *И. П. Жеребцов* Техн. редактор *Л. М. Фридкин*

Сдано в набор 6/III 1951 г. Подп. к печ. 15/VI 1951 г.
10,2 уч.-изд. л. Формат бумаги 84×108¹/₃₂ = 2³/₄ бумажных — 9 п. л.
Т-04835 Тираж 25 000 Зак. 1101

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вниманию радиолюбителей книга является, попыткой популярного, но в то же время систематического, изложения основных вопросов электротехники и радиотехники в задачах и примерах.

Естественно, что в заданном объеме книги не представлялось возможным охватить все вопросы, интересующие радиолюбителей. Поэтому авторы включили в сборник, главным образом, ряд вопросов из электротехники, значительная часть которых мало освещена в популярной литературе для радиолюбителей, и некоторые радиотехнические расчеты, основанные на использовании общих электротехнических законов.

Книга составлена с таким расчетом, чтобы ею могли пользоваться не только подготовленные радиолюбители, но и радиолюбители, приступающие к систематическому изучению электротехники и радиотехники. С этой целью в каждой главе дано краткое изложение основных законов и расчетных формул и показано их применение к решению простых и более сложных задач электротехники и радиотехники.

В изложении, несомненно, имеется ряд недостатков, за указание которых, равно как и за пожелания по содержанию настоящей книги, авторы будут благодарны читателям.

Авторы

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Глава первая. Постоянный ток 5
1. Сопротивление в цепи постоянного тока 5
2. Индуктивность в цепи постоянного тока 18
3. Емкость в цепи постоянного тока 30
Глава вторая. Переменный ток 37
1. Активное сопротивление в цепи переменного тока . . 39
2. Индуктивное и активное сопротивления в цепи переменного тока 44
3. Емкость и активное сопротивление в цепи переменного тока 52
4. Активное сопротивление, индуктивность и емкость в цепи переменного тока 58
Глава третья. Связанные цепи 73
Глава четвертая. Усилители 86
1. Характеристики электронных ламп 86
2. Общий коэффициент усиления усилительного устройства 96
3. Усилители низкой частоты 97
4. Усилители высокой частоты 124
Глава пятая. Детектирование 135
1. Диодное детектирование 135
2. Сеточное детектирование 139
3. Обратная связь в сеточном детекторе 140
Глава шестая. Настраивающиеся цепи 143
Глава седьмая. Питающие устройства 148
1. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы . . 148
2. Ламповые выпрямители 152
3. Сглаживающие фильтры 154
4. Твердые выпрямители 157
Глава восьмая. Разное 158
1. Трансформаторы и дроссели с подмагничиванием . . 158
2. Развязывающие фильтры 161
3. Микрофоны 162
4. Звукосниматели и проигрыватели 163
5. Генератор развертки с неоновой лампой 165
6. Электронно-лучевые трубки 166
7. Стабилизаторы напряжения (стабиливольты) 167
Приложения 169

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПОСТОЯННЫЙ ТОК

1. СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Сопротивление проводников. Сопротивление характеризуется его величиной, измеряемой в омах, и величиной мощности, измеряемой в ваттах, которую можно рассеять на сопротивлении без опасений его перегрева. Величина сопротивления зависит от используемого для него материала и определяется формулой

$$R = \frac{\rho \cdot l}{q} \text{ ом}, \qquad (1\text{-}1)$$

где R — сопротивление, *ом*;

l — длина материала, *м*;

q — площадь поперечного сечения, *мм²*;

ρ — удельное сопротивление материала, *ом·мм²/м*.

Значения ρ для некоторых материалов приведены в табл. 1-1.

Таблица 1-1

Удельные сопротивления некоторых материалов (проводников)

Материал	Удельное сопротивление, $\frac{ом \cdot мм^2}{м}$
Медь электротехническая	0,0175
Алюминий	0,0278
Молибден	0,0476
Вольфрам	0,0612
Железо	0,0918
Манганин	0,43
Никелин	0,4
Константан	0,49
Реотан	0,47
Нихром	1,00

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Примеры и задачи.

1-1. Определить величину сопротивления, намотанного из нихромовой проволоки длиной 25 *м* и диаметром $d = 0{,}2$ *мм*.

Решение. Площадь поперечного сечения проволоки $q = 0{,}78d^2 = 0{,}0312$ *мм*². Так как для нихрома $\rho = 1$ *ом·мм²/м*, то

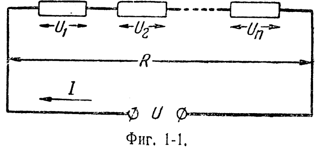
$$R = \frac{\rho \cdot l}{q} = \frac{1 \cdot 25}{0{,}0312} \approx 800 \text{ ом}.$$

1-2. Рассчитать сопротивление двухпроводной воздушной линии из медных проводов сечением 2,5 *мм*² и длиной 0,5 *км*.

Ответ: 7,0 *ом*.

1-3. Сколько метров манганиновой проволоки диаметром 0,05 *мм* необходимо для изготовления сопротивления в 10 000 *ом*?

Ответ: 45,5 *м*.



Фиг. 1-1.

Последовательное включение сопротивлений. Общее сопротивление цепи на фиг. 1-1 равно

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n. \quad (1\text{-}2)$$

Ток в цепи определяется по закону Ома:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1\text{-}3)$$

где I — ток, *а*;

U — напряжение, приложенное к цепи, *в*;

R — сопротивление цепи, *ом*.

Падение напряжения на каждом сопротивлении цепи равно

$$U_1 = IR_1; \quad U_2 = IR_2; \ldots U_n = IR_n, \quad (1\text{-}4)$$

причем

$$U_1 + U_2 + \ldots + U_n = U.$$

Мощность, поглощаемая во всей цепи, равна

$$P = I^2R = \frac{U^2}{R} = IU. \quad (1\text{-}5)$$

Мощность, поглощаемая в каждом сопротивлении, равна

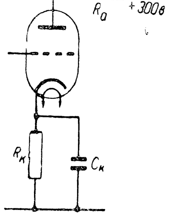
$$P_1 = I^2R_1; \quad P_2 = I^2R_2; \ldots P_n = I^2R_n,$$

причем

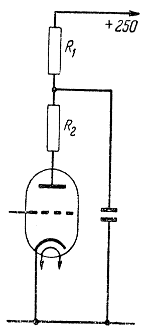
$$P_1 + P_2 + \ldots + P_n = P.$$

Примеры и задачи.

1-4. На сопротивлении автоматического смещения $R_к$ (фиг. 1-2) нужно получить напряжение 24,5 *в* при токе в 35 *ма*. Определить: а) величину сопротивления $R_к$; б) рассеиваемую в нем мощность P.



Фиг. 1-2.



Фиг. 1-3.

Ответ: а) $R_к = 700$ *ом*; б) $P = 0{,}86$ *вт*.

1-5. Напряжение анодной батареи равно 300 *в*. На анод лампы нужно подать напряжение 230 *в*. Какое сопротивление R_a нужно включить в цепь анода (фиг. 1-2), если ток анода равен 8 *ма*?

Ответ: 8 750 *ом*.

1-6. Нагрузочное сопротивление R_2 в схеме фиг. 1-3 равно 100 000 *ом*, а сопротивление развязки $R_1 = 10\,000$ *ом*. Анодный ток равен 1,4 *ма*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

а) Найти полное падение напряжения на сопротивлениях R_1 и R_2;

б) определить напряжение на аноде, если напряжение анодной батареи равно 250 *в*.

Ответ: а) 154 *в*; б) 96 *в*.

1-7. Напряжение анодной батареи равно 320 *в*. На аноды двух ламп, питаемых параллельно, необходимо подать 210 *в* при токах через лампы 3 и 5 *ма*. Найти: а) величину гасящего сопротивления и б) мощность, рассеиваемую в нем.

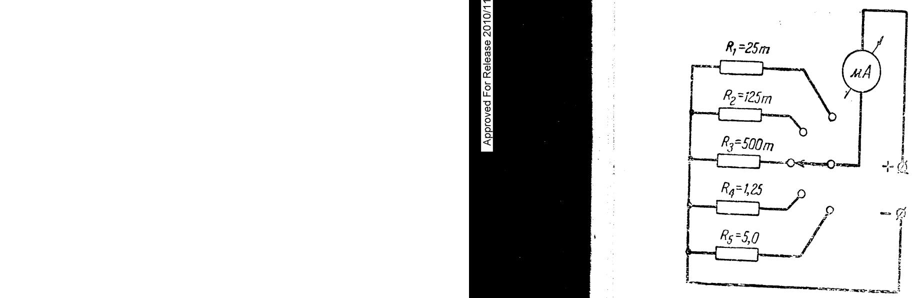
Фиг. 1-4.

Ответ: а) $R=13\,750$ *ом*;
б) $P=0{,}88$ *вт*.

1-8. Миллиамперметр на максимальный ток в 1 *ма* необходимо использовать как вольтметр со шкалой на 50 *в*. Как это можно сделать?

Решение. Необходимо последовательно с миллиамперметром включить добавочное сопротивление R (фиг. 1-4). Так как сопротивление самого прибора мало по сравнению с добавочным сопротивлением, то можно считать, что все напряжение падает на сопротивлении R и тогда

$$R=\frac{50}{1\cdot 10^{-3}}=50\,000 \text{ ом}.$$



Фиг. 1-5.

1-9. Микроамперметр на 200 *мка* необходимо использовать для измерения напряжений в диапазонах: 0—5, 0—25, 0—100, 0—250 и 0—1000 *в*. Составьте схему прибора и рассчитайте нужные величины добавочных сопротивлений.

Ответ: Схема и ее данные приведены на фиг. 1-5.

1-10. Чему равно сопротивление в омах на вольт миллиамперметра со шкалой на 5 *ма*, когда он используется как вольтметр?

Решение. Так как $R=\frac{U}{I}$, то, очевидно, что на один вольт сопротивление будет равно $\frac{R}{U}=\frac{1}{I}=\frac{1}{5\cdot 10^{-3}}=200$ *ом/в*.

1-11. Вольтметр имеет сопротивление 500 *ом/в*. Чему равен максимальный ток через прибор?

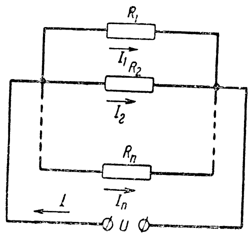
Ответ: 2 *ма*.

Параллельное включение сопротивлений. Общее сопротивление цепи фиг. 1-6 равно

$$R=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\ldots+\frac{1}{R_n}}. \tag{1-6}$$

Ток в общей цепи равен

$$I=I_1+I_2+I_3+\ldots I_n, \tag{1-7}$$



Фиг. 1-6.

где $I_1=\frac{U}{R_1}$; $I_2=\frac{U}{R_2}$; $I_3=\frac{U}{R_3}$; ... $I_n=\frac{U}{R_n}$.

Падение напряжения на каждом сопротивлении равно приложенному к цепи напряжению, т. е.

$$U_1=U_2=U_3=\ldots=U_n=U. \tag{1-8}$$

Мощность, поглощаемая в цепи, равна

$$P=I^2R=\frac{U^2}{R}=IU. \tag{1-9}$$

Мощность, поглощаемая в каждом сопротивлении, равна

$$P_1=I_1^2R_1;\ P_2=I_2^2R_2;\ P_3=I_3^2R_3;\ \ldots\ P_n=I_n^2R_n,$$

причем

$$P_1+P_2+P_3+\ldots+P_n=P.$$

В наиболее часто встречающемся на практике случае параллельного включения двух сопротивлений формула (1-6) принимает вид

$$R=\frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}.$$

Если сопротивления R_1, R_2 и т. д. равны друг другу, то

$$R=\frac{R_1}{n},$$

где n — число параллельно включенных одинаковых сопротивлений.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Примеры и задачи.

1-12. Необходимо сопротивление в 15 000 *ом* уменьшить до 6 000 *ом*. Как это можно сделать?

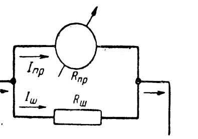
Ответ: Включить параллельно сопротивление в 10 000 *ом*.

1-13. Сколько сопротивлений по 60 000 *ом* каждое нужно включить параллельно, чтобы общее сопротивление получить равным 20 000 *ом*?

Ответ: 3.

1-14. Имеется набор сопротивлений с допустимой мощностью рассеяния в каждом 1 *вт*. Необходимо получить сопротивление в 10 000 *ом* на мощность в 2 *вт*. Как это можно проще всего сделать?

Ответ: Включить параллельно два сопротивления по 20 000 *ом* каждое или два сопротивления по 5 000 *ом* последовательно.



Фиг. 1-7.

1-15. Миллиамперметр на полный ток 1 *ма* имеет сопротивление 18 *ом*. Желательно использовать этот прибор для измерения токов до 10 *ма*. Как это сделать?

Решение. Необходимо параллельно прибору включить такое сопротивление (фиг. 1-7), чтобы через прибор проходил ток только в 1 *ма*, а остальной ток 9 *ма* проходил через сопротивление $R_ш$ (шунт). Так как токи в ветвях параллельной цепи обратно пропорциональны сопротивлениям, то можно написать (фиг. 1-7):

$$\frac{I_{пр}}{I_ш} = \frac{R_ш}{R_{пр}},$$

где $I_{пр}$ и $R_{пр}$ — ток через прибор и сопротивление прибора; $I_ш$ и $R_ш$ — ток через шунт и сопротивление шунта.

В нашем случае $\frac{1}{9} = \frac{R_ш}{18}$, откуда $R_ш = 2$ *ом*.

1-16. Сопротивление прибора на 200 *мка* равно 100 *ом*. Подобрать к нему шунт для измерения токов до 0,1 *а*.

Ответ: $R_ш \approx 0{,}2$ *ом*.

1-17. Сопротивление прибора равно 60 *ом*. Максимальное отклонение стрелки в нем получается при токе

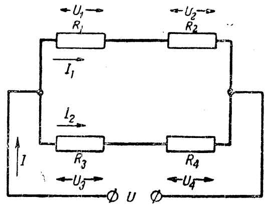
0,5 *ма*. К прибору добавляется шунт сопротивлением 20 *ом*. Какой максимальный ток может при этом отсчитывать прибор?

Ответ: 2 *ма*.

1-18. В приемнике „Родина" применяются лампы: 2А1 (СБ-242) — 1 шт., 2К2 (2К2М) — 2 шт. и 2Ж2 (2Ж2М) — 3 шт. Нити накала ламп включены параллельно. Определить: а) общий ток и мощность, потребляемую нитями ламп; б) с каким сопротивлением нужно взять реостат, если цепь накала питается от аккумулятора с напряжением 2,5 *в*.

Ответ: а) $I_н = 0{,}46$ *а*, $P = 0{,}92$ *вт*;
б) $R = 1{,}1$ *ом*.

В момент включения напряжения через нити накала пройдет большой ток (нити в холодном состоянии обладают очень малым сопротивлением), и чтобы не пережечь этим броском тока нити, сопротивление реостата надо увеличить. Его следует рассчитать так, чтобы в момент включения ток не превышал двойного значения нормального тока накала. Приближенно можно считать, что в момент включения все напряжение источника $U_{ист}$ падает на реостат, и тогда $R_{макс} \approx \frac{U_{ист}}{2I_н}$. В данном случае необходим реостат с максимальным сопротивлением приблизительно 2,7 *ом*. После прогрева нитей сопротивление реостата уменьшают до его нормальной величины 1,1 *ом*.



Фиг. 1-8.

Смешанное включение сопротивлений. Общий принцип решения таких цепей состоит в применении законов последовательного и параллельного соединений к отдельным участкам и ветвям цепи, а затем ко всей цепи в целом. В частном случае цепи фиг. 1-8, имеющей две

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

ветви, каждая из которых представляет собой последовательное соединение двух сопротивлений, получаем:

1. Общее сопротивление

$$R=\frac{(R_1+R_2)(R_3+R_4)}{(R_1+R_2)+(R_3+R_4)}. \quad (1\text{-}10)$$

2. $U_1+U_2=U_3+U_4=U. \quad (1\text{-}11)$

3. $I=I_1+I_2=\frac{U}{R}, \quad (1\text{-}12)$

где $I_1=\frac{U}{R_1+R_2}$; $I_2=\frac{U}{R_3+R_4}$.

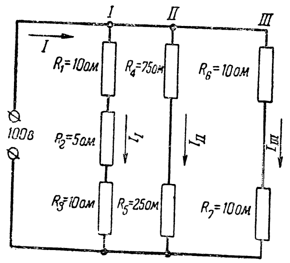
4. Мощность, расходуемая в цепи, равна

$$P=I^2R=\frac{U^2}{R}=IU=P_1+P_2+P_3+P_4, \quad (1\text{-}13)$$

где $P_1=I_1^2R_1$; $P_2=I_1^2R_2$; $P_3=I_2^2R_3$; $P_4=I_2^2R_4$.

Примеры и задачи.

1-19. Рассчитать общее сопротивление, ток и мощность в цепи фиг. 1-9. Рассчитать токи, напряжения и мощности в каждой ветви цепи.



Фиг. 1-9.

Решение

$R_{I\ группы}=R_1+R_2+R_3=10+5+10=25$ *ом*;

$R_{II\ группы}=R_4+R_5=75+25=100$ *ом*;

$R_{III\ группы}=R_6+R_7=10+10=20$ *ом*;

$$R=\frac{1}{\frac{1}{R_I}+\frac{1}{R_{II}}+\frac{1}{R_{III}}}=\frac{1}{\frac{1}{25}+\frac{1}{100}+\frac{1}{20}}=10\ ом.$$

$$I=\frac{U}{R}=10\ а.$$

$$P=UI=100\cdot 10=1\,000\ вт.$$

Ток в первой группе $I_I=\frac{U}{R_I}=\frac{100}{25}=4$ *а*;

Ток во второй группе $I_{II}=\frac{U}{R_{II}}=\frac{100}{100}=1$ *а*;

Ток в третьей группе $I_{III}=\frac{U}{R_{III}}=\frac{100}{20}=5$ *а*.

$I_I+I_{II}+I_{III}==4+1+5=10\ а=I.$

Падения напряжения на соответствующих сопротивлениях и теряемые в них мощности:

$U_1=I_I R_1=4\cdot 10=40$ *в*;
$U_2=I_I R_2=4\cdot 5=20$ *в*;
$U_3=I_I R_3=4\cdot 10=40$ *в*. $\quad U_1+U_2+U_3=40+20+40=100\ в=U.$

$U_4=I_{II}R_4=1\cdot 75=75$ *в*;
$U_5=I_{II}R_5=1\cdot 25=25$ *в*. $\quad U_4+U_5=75+25=100\ в=U.$

$U_6=I_{III}R_6=5\cdot 10=50$ *в*;
$U_7=I_{III}R_7=5\cdot 10=50$ *в*. $\quad U_6+U_7=50+50=100\ в=U.$

$P_1=I_I^2R_1=4^2\cdot 10=160$ *вт*;
$P_2=I_I^2R_2=4^2\cdot 5=80$ *вт*;
$P_3=I_I^2R_3=4^2\cdot 10=160$ *вт*;
$P_4=I_{II}^2R_4=1^2\cdot 75=75$ *вт*;
$P_5=I_{II}^2R_5=1^2\cdot 25=25$ *вт*;
$P_6=I_{III}^2R_6=5^2\cdot 100=250$ *вт*;
$P_7=I_{III}^2R_7=5^2\cdot 100=250$ *вт*.

$P_1+P_2+P_3+P_4+P_5+P_6+P_7=1\,000$ *вт*.

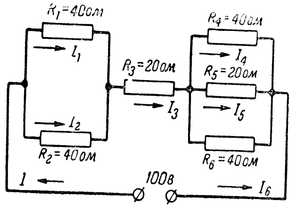
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

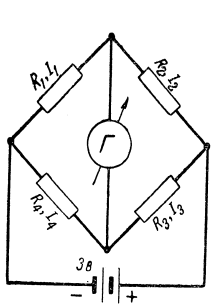
1-20. Рассчитать общее сопротивление, токи и мощность в цепи, показанной на фиг. 1-10. Рассчитать ток и мощность в каждом сопротивлении.

Ответ: $R = 50$ *ом*, $I = 2$ *а*, $P = 200$ *вт*, $I_1 = I_2 = 1$ *а*, $I_3 = 2$ *а*, $I_4 = I_6 = 0{,}5$ *а*, $I_5 = 1$ *а*, $P_1 = P_2 = 40$ *вт*, $P_3 = 80$ *вт*, $P_4 = P_6 = 10$ *вт*, $P_5 = 20$ *вт*.

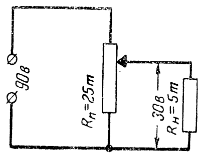


Фиг. 1-10.

1-21. Составлен мостик (фиг. 1-11) для измерения сопротивления R_3. Сопротивления R_1 и R_2 равны соответственно 100 и 300 *ом*. При отсутствии тока в цепи гальванометра сопротивление $R_4 = 200$ *ом*. Найти токи I_1, I_2, I_3 и I_4, общее сопротивление R и общий ток I.



Фиг. 1-11.



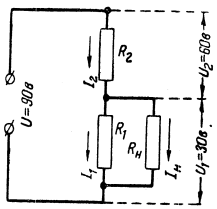
Фиг. 1-12.

Ответ: $I_1 = I_2 = 0{,}0075\ a = 7{,}5$ *ма*;
$I_3 = I_4 = 0{,}00375\ a = 3{,}75$ *ма*;
$R = 266{,}6$ *ом*;
$I = 11{,}25$ *ма*.

Потенциометры и делители напряжения.

1-22. Потенциометр с сопротивлением $R_п = 25\,000$ *ом* включен на напряжение 90 *в* (фиг. 1-12). Чему равен ток в каждой части потенциометра, если на нагрузочное сопротивление $R_н$ в 5 000 *ом* с нижней части потенциометра подается напряжение 30 *в*?

Решение. Схему фиг. 1-12 можно заменить эквивалентной ей схемой фиг. 1-13. Параллельное включение сопротивлений R_1 и $R_н$ дает общее сопротивление $R = \frac{R_1 R_н}{R_1 + R_н}$. Так как падения напряжений на сопротивлениях пропорциональны величинам этих сопротивлений, то можно написать, что $\frac{U_1}{U} = \frac{R}{R_2}$ или $\frac{30}{60} = \frac{R}{R_2}$, откуда $R_2 = 2R$. С другой стороны, имеем, что $R_2 = R_п - R_1$. Тогда последнее уравнение принимает вид: $R_п - R_1 = 2R$ или, подставляя вместо R его значение, получаем: $R_п - R_1 = \frac{2R_1R_н}{R_1 + R_н}$.



Фиг. 1-13.

Умножая обе части этого уравнения на $(R_1 + R_н)$, получаем $(R_1 + R_н) \times (R_п - R_1) = 2R_1R_н$.

Раскрывая скобки, получаем

$$R_пR_1 - R_1^2 + R_пR_н - R_1R_н = 2R_1R_н$$

или, после перенесения всех членов в правую часть,

$$2R_1R_н - R_пR_н + R_1^2 - R_пR_н + R_1R_н = 0$$

или окончательно

$$R_1^2 + R_1(3R_н - R_п) - R_пR_н = 0.$$

Подставляем в это уравнение вместо $R_п$ и $R_н$ их числовые значения:

$$R_1^2 + R_1(3 \cdot 5\,000 - 25\,000) - 25\,000 \cdot 5\,000 = 0$$

или $R_1^2 - 10\,000\,R_1 - 125\,000\,000 = 0$.

Решая это квадратное уравнение, получаем

$$R_1 = \frac{10\,000 \pm \sqrt{10\,000^2 + 4 \cdot 125\,000\,000}}{2} = \frac{10\,000 \pm \sqrt{10^8 + 5 \cdot 10^8}}{2} =$$

$$= \frac{10\,000 \pm \sqrt{6 \cdot 10^8}}{2} = \frac{10\,000 \pm 2{,}46 \cdot 10^4}{2}.$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Так как сопротивление отрицательным быть не может, то

$$R_1 = \frac{10\,000 + 2,46 \cdot 10^4}{2} = 1,73 \cdot 10^4.$$

Тогда, следовательно, ток через сопротивление R_1 будет равен

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{30}{1,73 \cdot 10^4} = 1,73 \cdot 10^{-3} a = 1,73 \ ма.$$

Так как ток через $R_н$ равен

$$I_н = \frac{U_1}{R_н} = \frac{30}{5\,000} = 0,006 \ a = 6 \ ма,$$

то ток через R_2 будет равен

$$I_2 = I_1 + I_н = 1,73 + 6 = 7,73 \ ма.$$

1-23. 1) К какой части потенциометра предыдущей задачи нужно подключить то же нагрузочное сопротивление в 5 000 *ом*, чтобы получить на нем напряжение в 45 *в*? 2) Найти токи в соответствующих частях потенциометра.

Ответ: 1) $R_1 \approx 21\,000$ *ом*; 2) $I_2 \approx 9$ *ма*; $I_1 \approx 2,14$ *ма*.

1-24. Для супергетеродинного приемника необходимо подать от выпрямителя напряжения на аноды, экранные и управляющие сетки через делитель напряжения (фиг. 1-14). Токи и напряжения показаны на схеме. Полный ток, отбираемый от выпрямительной установки, равен 80 *ма*. Определить необходимые величины сопротивлений, составляющих делитель.

Фиг. 1-14.

Решение. Анодный ток всех ламп приемника равен 57 *ма* при напряжении 250 *в*; ток экранных сеток — 5,4 *ма* при напряжении 100 *в*; цепи управляющих сеток тока не потребляют; следовательно, через секцию III делителя напряжения будет проходить полностью ток 80 *ма*. Через секцию I делителя будет проходить ток 80 − 57 = 23 *ма*, и падение напряжения на ней равно $U_1 = 250 - 100 = 150$ *в*. Следовательно, $R_I = \frac{U_1}{23 \cdot 10^{-3}} = \frac{150}{23 \cdot 10^{-3}} = 6\,530$ *ом*.

Аналогично, через вторую секцию R_{II} будет проходить ток $23 - 5,4 = 17,6$ *ма*; следовательно, $R_{II} = \frac{100}{17,6 \cdot 10^{-3}} = 5\,680$ *ом*.

Сопротивление R_1 секции III определится как $R_1 = \frac{U_3}{80 \cdot 10^{-3}} = \frac{2}{80 \cdot 10^{-3}} = 25$ *ом*.

Сопротивление R_2 секции III равно $R_2 = \frac{U_4}{80 \cdot 10^{-3}} = \frac{3-2}{80 \cdot 10^{-3}} = 12,5$ *ом*.

Сопротивление R_3 секции III равно $R_3 = \frac{U_5}{80 \cdot 10^{-3}} = \frac{16,5-3}{80 \cdot 10^{-3}} = 169$ *ом*.

Полное сопротивление делителя равно

$$R_I + R_{II} + R_1 + R_2 + R_3 = 6\,530 + 5\,680 + 25 + 12,5 + 169 = 12\,416,5 \ ом.$$

1-25. Определить значение сопротивлений, составляющих делитель напряжения для питания следующих каскадов приемника:

	U_a *в*	U_{c2} *в*	I_a *ма*	I_{c2} *ма*
Преобразователь частоты . .	250	100	3,5	2,7
Усилитель промежуточной частоты	250	100	9,2	2,6
Детекторный каскад	250	—	0,9	—
Выходной каскад	250	250	32,0	5,5

Управляющие сетки получают автоматическое смещение от отдельных сопротивлений. Потребляемый от выпрямителя ток составляет 60 *ма*.

Ответ: 16 850 *ом*; 27 800 *ом*.

1-26. Катушка возбуждения громкоговорителя с сопротивлением постоянному току 1 500 *ом* используется в качестве сглаживающего дросселя. Каким образом можно получить от нее напряжение смещения 6 *в* при полном токе питания приемника 60 *ма*?

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Решение. Падение напряжения на дросселе равно $1\,500 \times 60 \cdot 10^{-3} = 90$ *в*. Включаем на зажимы дросселя (фиг. 1-15) делитель напряжения и подбираем R_1 так, чтобы получить нужное смещение: $U_1 = \frac{UR_1}{R_1 + R_2}$ или $6 = \frac{90 \cdot R_1}{R_1 + R_2}$, откуда находим, что $R_2 = 14R_1$, т. е. R_2 должно быть в 14 раз больше R_1. Если $R_1 = 10\,000$ *ом*, то $R_2 = 140\,000$ *ом*.

1-27. Параллельно сглаживающему дросселю включен делитель напряжения из последовательно соединенных сопротивлений $R_1 = 1$ *мгом*; $R_2 = 110\,000$ *ом*; $R_3 = 15\,000$ *ом*; $R_4 = 15\,000$ *ом*. Сопротивление постоянному току обмотки дросселя равно 1 600 *ом* и через нее проходит ток 50 *ма*. Какие напряжения можно получить с этих сопротивлений?

Фиг. 1-15.

Ответ: 70,2 *в*; 7,7 *в*; ~ 1 *в*; ~ 1 *в*.

2. ИНДУКТИВНОСТЬ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

При всяком изменении величины тока в электрической цепи проявляется индуктивность цепи, характеризующаяся двумя основными свойствами: а) индуктивность стремится противодействовать всякому изменению тока в цепи; б) изменение тока в цепи индуктирует в ней самой э. д. с. самоиндукции, определяемую формулой

$$E = L\frac{I}{t}, \qquad (1\text{-}14)$$

где L — индуктивность цепи;

$\frac{I}{t}$ — скорость изменения тока в цепи.

Если изменение тока происходит со скоростью 1 *а* в 1 *сек*, и при этом в цепи индуктируется э. д. с. в 1 *в*, то индуктивность L цепи равна 1 генри (*гн*).

Индуктивность проводов. Индуктивность длинного одиночного, параллельного земле провода

$$L = 0{,}46 \lg \frac{4h}{d} \text{ мкгн/м}. \qquad (1\text{-}15)$$

Индуктивность двухпроводной линии из двух длинных параллельных проводов

$$L = 0{,}92 \lg \frac{2D}{d} \text{ мкгн/м}. \qquad (1\text{-}16)$$

В этих формулах: d — диаметр провода; h — высота провода над землей; D — расстояние между центрами проводов. Размеры выражены в одинаковых единицах.

Индуктивность концентрического кабеля

$$L = 0{,}46 \lg \frac{D}{d} \text{ мкгн/м}, \qquad (1\text{-}17)$$

где d — внешний диаметр внутреннего проводника;

D — внутренний диаметр внешнего проводника.

Размеры выражены в одинаковых единицах.

Индуктивность одиночного квадратного витка

$$L = 0{,}0184\ a\left(\lg \frac{2a}{d} - 0{,}33\right) \text{ мкгн}, \qquad (1\text{-}18)$$

где a — сторона квадрата, *см*;

d — диаметр провода, *см*.

Задачи.

1-28. Чему равна индуктивность одиночного провода длиной 25 *м*, подвешенного над землей на высоте 15 *м*? Диаметр провода равен 2 *мм*.

Ответ: 51,5 *мкгн*.

1-29. Чему равна индуктивность двухпроводной линии, состоящей из проводов диаметром 2 *мм*, с расстоянием между центрами проводов 0,5 *м*? Длина линии равна 15 *м*.

Ответ: 37 *мкгн*.

1-30. Определить индуктивность концентрического кабеля, внешний диаметр которого равен 10 *см* и диаметр внутреннего проводника — 5 *мм*. Длина кабеля — 10 *м*.

Ответ: 6 *мкгн*.

1-31. Определить индуктивность квадратной рамки со стороной 6 *м*, сделанной из провода диаметром 2 *мм*.

Ответ: 38 *мкгн*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№03

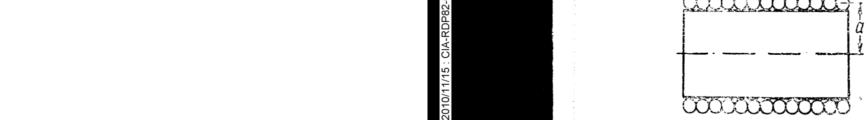
Электродвижущая сила самоиндукции и индуктивность катушек. Э. д. с. самоиндукции катушки, из w витков определяется формулой

$$E = \frac{w \cdot \Phi}{t} \cdot 10^{-8} \text{ } в, \qquad (1\text{-}19)$$

где Φ — магнитный поток в максвеллах (*мкс*);

t — время, сек.

Магнитный поток Φ определяется формулой: $\Phi = B \cdot S$, где B — магнитная индукция в гауссах (*гс*); S — площадь, пронизываемая магнитным потоком, *см*^{2}. Магнитная индукция в свою очередь равна



Фиг. 1-16.

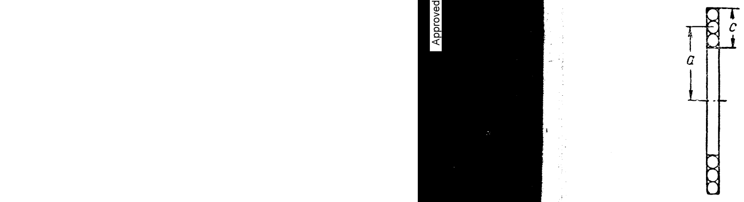
$$B = 1{,}256 \cdot \frac{\mu I w}{l}, \qquad (1\text{-}20)$$

где μ — магнитная проницаемость среды (сердечника катушки);

I — ток в катушке, *а*;

w — число витков катушки;

l — средняя длина магнитопровода, *см*.



Фиг. 1-17.

Произведение Iw называется ампер-витками (*ав*) катушки. Индуктивность катушки определяется формулой

$$L = \frac{w \cdot \Phi}{I} \cdot 10^{-8} \text{ } гн, \qquad (1\text{-}21)$$

где произведение $w\Phi$ — потокосцепление, соответствующее току I *а*.

В соответствии с вышеприведенными формулами

$$L = \frac{1{,}256 \cdot \mu \cdot w^2 S}{l} \cdot 10^{-8} \text{ } гн, \qquad (1\text{-}22)$$

где μ — магнитная проницаемость среды, через которую проходит магнитный поток катушки;

w — число витков катушки;

S — площадь сечения магнитопровода, *см*^{2};

l — длина магнитопровода, *см*.

1) Для однослойной цилиндрической катушки (фиг. 1-16), у которой длина b больше ее радиуса a, индуктивность равна

$$L = \frac{a^2 w^2}{23a + 25b} \text{ } мкгн. \qquad (1\text{-}23)$$

В случае $b < a$ расчет ведется по формуле

$$L = \frac{a^2 w^2}{20a + 28b} \text{ } мкгн. \qquad (1\text{-}23а)$$

2) Для однослойной плоской катушки (фиг. 1-17)

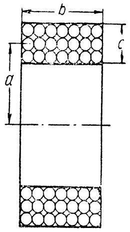
$$L = \frac{a^2 w^2}{20a + 28c} \text{ } мкгн. \qquad (1\text{-}24)$$

3) Для многослойной катушки (фиг. 1-18)

$$L = \frac{a^2 \cdot w^2}{19a + 28b + 31c} \text{ } мкгн. \qquad (1\text{-}25)$$

В этих формулах w — число витков; размеры a, b, c — в *см*.

Энергия, которая должна быть затрачена на создание магнитного поля и которая содержится в этом поле, определяется как



Фиг. 1-18.

$$W = \frac{LI^2}{2} \text{ } вт\text{-}сек, \qquad (1\text{-}26)$$

где L — индуктивность, *гн*;

I — ток, *а*.

Примеры и задачи.

1-32. С катушкой, имеющей 300 витков, связан магнитный поток в 1 800 000 *мкс*, который уменьшается от максимального значения до нуля в течение 0,18 сек. Определить:

а) индуктируемую в катушке э. д. с. самоиндукции;

б) индуктивность катушки, если данному потокосцеплению соответствует ток 1 *а*;

в) энергию, которая была запасена в магнитном поле катушки;

г) мощность, расходуемую магнитным полем.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Решение.

1) $E = \frac{w \cdot \Phi}{t} \cdot 10^{-8} = \frac{300 \cdot 1\,800\,000}{0,18} \cdot 10^{-8} = 30$ *в*;

2) $L = \frac{w \cdot \Phi}{I} \cdot 10^{-8} = \frac{300 \cdot 1\,800\,000}{1} \cdot 10^{-8} = 5,4$ *гн*;

3) $W = \frac{LI^2}{2} = \frac{5,4 \cdot 1^2}{2} = 2,7$ *вт-сек*;

4) $P = \frac{W}{t} = \frac{2,7}{0,18} = 15$ *вт*.

1-33. Магнитный поток в 20 000 *мкс* создается в катушке, имеющей 200 витков, током в 50 *ма*. а) Чему равна индуктируемая в катушке э. д. с., если ток уменьшается до нуля за 0,025 сек.? б) Чему равна индуктивность катушки? в) Чему равна запасенная в магнитном поле энергия?

Ответ: а) 1,6 *в*; б) 0,8 *гн*; *в*) 0,001 *вт-сек*.

1-34. Катушка состоит из 300 витков, намотанных на немагнитной изоляционной трубе диаметром 4 *см* и длиной 40 *см*.

Найти индуктивность катушки.

Решение. Находим площадь $S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} = 12,56$ *см*². Тогда согласно формуле (1-22) индуктивность равна

$$L = \frac{1,256 \cdot 300^2 \cdot 1 \cdot 12,56}{40} \cdot 10^{-8} = 0,000356 \text{ гн} = 356 \text{ мкгн}.$$

1-35. Сколько витков необходимо намотать на фибровую трубку диаметром 4 *см* и длиной 20 *см*, чтобы получить индуктивность в 250 *мкгн*?

Ответ: 179 витков.

1-36. Если в катушку предыдущей задачи поместить магнитный сердечник из материала с магнитной проницаемостью $\mu = 4\,000$, то чему будет равна ее индуктивность?

Ответ: $L = 1,424$ *гн*.

1-37. Определить индуктивность первичной и вторичной обмоток выходного трансформатора с сердечником типа Ш-20, если площадь сечения сердечника $S = 5,8$ *см*², средняя длина магнитопровода $l = 19,6$ *см*,

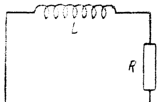
число витков первичной обмотки $w_1 = 1\,950$ и вторичной $w_2 = 38$ и если магнитная проницаемость материала сердечника $\mu = 1\,700$.

Ответ: $L_1 = 24$ *гн*; $L_2 = 9,2$ *мгн*.

1-38. Чему равна индуктивность многослойной катушки, имеющей 1 200 витков и размеры (фиг. 1-18): $a = 38$ *мм*, $b = 19$ *мм*, $c = 38$ *мм*?

Ответ: 85 *мгн*.

1-39. Чему равна индуктивность каждой из следующих катушек: а) плоской катушки (фиг. 1-17), у которой $w = 32$ витка, $a = 28$ *мм*, $c = 32$ *мм*; б) однослойной цилиндрической катушки (фиг. 1-16), у которой $w = 320$ витков, $a = 16$ *мм*, $b = 125$ *мм*; в) многослойной катушки, у которой $w = 100$ витков, $a = 25$ *мм*, $b = 50$ *мм*, $c = 20$ *мм*?



Фиг. 1-19.

Ответ: а) 55 *мкгн*; б) 750 *мкгн*; в) 250 *мкгн*.

Постоянная времени в цепи с индуктивностью. Нарастание и спадание тока в цепи фиг. 1-19 определяется постоянной времени

$$\tau = \frac{L}{R}, \qquad (1\text{-}27)$$

которая показывает, по истечении какого времени с момента включения ток достигнет 63% от своего конечного максимального значения $I_к$ или по истечении какого времени этот ток $I_к$ в участке цепи, обладающем L и R, уменьшится до 37% от его значения, если этот участок замкнуть накоротко.

Время, нужное для нарастания или спадания тока в такой цепи до любой величины, можно определить из формулы

$$t = k\tau = k\frac{L}{R}, \qquad (1\text{-}28)$$

где k определяется из кривой фиг. 1-20 в зависимости

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

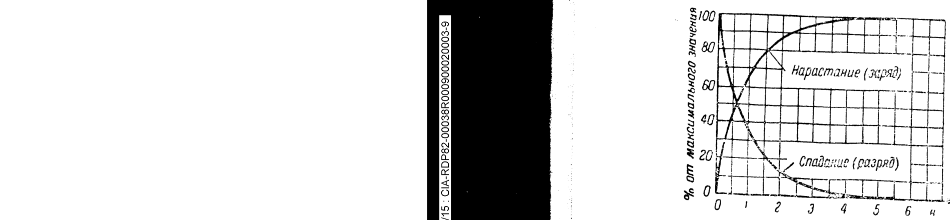
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

от того, сколько процентов составляет ток от своего максимального значения.

Примеры и задачи.

1-40. Цепь состоящая из последовательно включенных индуктивности $L=0{,}5$ *гн* и сопротивления $R=12$ *ом*, подключена к батарее с напряжением 6 *в* и предназначена для срабатывания реле. а) Если реле срабатывает при токе, равном 63% от его максимального значения в цепи реле, то через какое время после включения батареи реле сработает? б) Если реле срабатывает при 400 *ма*, то сколько времени пройдет между включением батареи и срабатыванием реле?



Фиг. 1-20.

Решение.

а) $\tau=\frac{L}{R}=\frac{0{,}5}{12}=0{,}0416$ сек.;

б) Максимальный в цепи реле ток равен $I=\frac{U}{R}=\frac{6}{12}=0{,}5$ *а*.

Ток срабатывания реле составляет $\frac{400}{500}\cdot 100=80\%$ от I.

Из кривой фиг. 1-22 для данного значения тока находим соответствующее значение $k=1{,}6$. Следовательно, $t=k\frac{L}{R}=$ $=\frac{1{,}6\cdot 0{,}5}{12}=0{,}066$ сек.

1-41. Реле обладает индуктивностью $L=10$ *гн* и должно срабатывать через 0,02 сек. после включения в его цепь тока. Какое необходимо включить последовательно с реле сопротивление, чтобы оно срабатывало при токе: а) в 63% от конечного значения тока в цепи, б) при 80% от конечного значения тока?

Ответ: а) 500 *ом*; б) 800 *ом*.

Взаимоиндуктивность. Взаимоиндуктивность двух катушек определяется формулой

$$M=k\sqrt{L_1L_2}, \qquad (1\text{-}29)$$

где M, L_1 и L_2 выражены в одинаковых единицах; k — коэффициент связи.

Коэффициент связи в различных практических случаях может принимать значение от 1 до 0. Обычно коэффициент связи выражается в процентах.

Иногда величину связи подразделяют следующим образом:

очень слабая связь — $k<1\%$, например связь между волномером и измеряемым контуром, связь между передающей и приемной антеннами;

слабая связь — $k<5\%$, например связь в трансформаторах промежуточной частоты;

сильная связь — $k<90\%$, например связь между выходным каскадом передатчика и передающей антенной;

очень сильная связь — $k>90\%$, например связь между катушками с общим ферромагнитным сердечником.

Задачи.

1-42. Определить взаимоиндуктивность двух катушек с индуктивностями $L_1=0{,}04$ *мгн* и $L_2=0{,}01$ *мгн*, если коэффициент связи между ними $k=50\%$.

Ответ: 0,01 *мгн*.

1-43. Катушки трансформатора промежуточной частоты L_1 и L_2 имеют каждая индуктивность 605 *мкгн*, а коэффициент связи между ними $k=1{,}6\%$. Определить взаимоиндуктивность M.

Ответ: $M=9{,}7$ *мкгн*.

1-44. Определить коэффициент связи для случая задачи 1-37, если взаимоиндуктивность $M=0{,}46$ *гн*.

Ответ: $k=98\%$.

Последовательное и параллельное включения индуктивностей. При последовательном включении индуктивностей L_1, L_2, L_3 и т. д. в случае

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

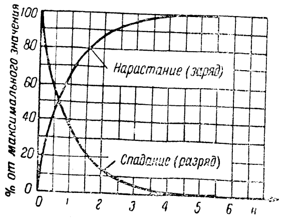
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

от того, сколько процентов составляет ток от своего максимального значения.

Примеры и задачи.

1-40. Цепь состоящая из последовательно включенных индуктивности $L = 0{,}5$ *гн* и сопротивления $R = 12$ *ом*, подключена к батарее с напряжением 6 *в* и предназначена для срабатывания реле. а) Если реле срабатывает при токе, равном 63% от его максимального значения в цепи реле, то через какое время после включения батареи реле сработает? б) Если реле срабатывает при 400 *ма*, то сколько времени пройдет между включением батареи и срабатыванием реле?



Фиг. 1-20.

Решение.

а) $\tau = \frac{L}{R} = \frac{0{,}5}{12} = 0{,}0416$ сек.;

б) Максимальный в цепи реле ток равен $I = \frac{U}{R} = \frac{6}{12} = 0{,}5$ *а*.

Ток срабатывания реле составляет $\frac{400}{500} \cdot 100 = 80\%$ от I.

Из кривой фиг. 1-22 для данного значения тока находим соответствующее значение $k = 1{,}6$. Следовательно, $t = k\frac{L}{R} = \frac{1{,}6 \cdot 0{,}5}{12} = 0{,}066$ сек.

1-41. Реле обладает индуктивностью $L = 10$ *гн* и должно срабатывать через 0,02 сек. после включения в его цепь тока. Какое необходимо включить последовательно с реле сопротивление, чтобы оно срабатывало при токе: а) в 63% от конечного значения тока в цепи, б) при 80% от конечного значения тока?

Ответ: а) 500 *ом*; б) 800 *ом*.

Взаимоиндуктивность. Взаимоиндуктивность двух катушек определяется формулой

$$M = k\sqrt{L_1 L_2}, \qquad (1\text{-}29)$$

где M, L_1 и L_2 выражены в одинаковых единицах; k — коэффициент связи.

Коэффициент связи в различных практических случаях может принимать значение от 1 до 0. Обычно коэффициент связи выражается в процентах.

Иногда величину связи подразделяют следующим образом:

очень слабая связь — $k < 1\%$, например связь между волномером и измеряемым контуром, связь между передающей и приемной антеннами;

слабая связь — $k < 5\%$, например связь в трансформаторах промежуточной частоты;

сильная связь — $k < 90\%$, например связь между выходным каскадом передатчика и передающей антенной;

очень сильная связь — $k > 90\%$, например связь между катушками с общим ферромагнитным сердечником.

Задачи.

1-42. Определить взаимоиндуктивность двух катушек с индуктивностями $L_1 = 0{,}04$ *мгн* и $L_2 = 0{,}01$ *мгн*, если коэффициент связи между ними $k = 50\%$.

Ответ: 0,01 *мгн*.

1-43. Катушки трансформатора промежуточной частоты L_1 и L_2 имеют каждая индуктивность 605 *мкгн*, а коэффициент связи между ними $k = 1{,}6\%$. Определить взаимоиндуктивность M.

Ответ: $M = 9{,}7$ *мкгн*.

1-44. Определить коэффициент связи для случая задачи 1-37, если взаимоиндуктивность $M = 0{,}46$ *гн*.

Ответ: $k = 98\%$.

Последовательное и параллельное включения индуктивностей. При последовательном включении индуктивностей L_1, L_2, L_3 и т. д. в случае

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

отсутствия между ними связи общая индуктивность L равна

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots \qquad (1\text{-}30)$$

При параллельном включении индуктивностей L_1, L_2, L_3 и т. д. в случае отсутствия связи между ними общая индуктивность L равна

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots}. \qquad (1\text{-}31)$$

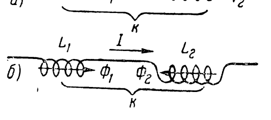
Для случая параллельного включения двух индуктивностей

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}. \qquad (1\text{-}31a)$$

Задачи.

1-44. Две катушки с индуктивностями $L_1 = 20$ *мкгн* и $L_2 = 40$ *мкгн* включены: а) последовательно; б) параллельно. Чему равны результирующие индуктивности?

Ответ: а) 60 *мгч*, б) 13, 33 *мкгн*.



Фиг. 1-21.

1-45. Две экранированные друг от друга катушки соединены последовательно. Индуктивности катушек $L_1 = 200$ *мкгн* и $L_2 = 100$ *мкгн*. Какова общая индуктивность цепи?

Ответ: 300 *мкгн*.

1-46. Чему равна общая индуктивность цепи, если катушки предыдущей задачи включены параллельно?

Ответ: 66,6 *мкгн*.

При последовательном включении индуктивностей и при наличии между ними связи (фиг. 1-21) общая индуктивность определяется формулой

$$L = L_1 + L_2 \pm 2M, \qquad (1\text{-}32)$$

где знак (+) относится к включению индуктивностей согласно фиг 1-21,*а*; знак (—) соответствует включению согласно фиг. 1-21,*б*.

Примеры и задачи.

1-47. Две катушки, каждая с индуктивностью по 4 *мгн*, включены последовательно так, что: а) их магнитные поля складываются, и коэффициент связи между катушками равен 50%; б) катушки включены навстречу (их магнитные поля вычитаются), и коэффициент связи между ними равен 50%; в) катушки включены навстречу и коэффициент связи равен нулю.

Определить в каждом случае результирующую индуктивность.

Решение. При $k = 50\%$ взаимоиндуктивность M согласно формуле 1-29 равна 2 *мгн*. Тогда результирующая индуктивность согласно формуле 1-32 равна:

а) $L = 4 + 4 + 2 \cdot 2 = 12$ *мгн*;
б) $L = 4 + 4 - 2 \cdot 2 = 4$ *мгн*;
в) при $k = 0$ взаимоиндуктивность $M = 0$ и, следовательно, $L = L_1 + L_2 = 8$ *мгн*.

1-48. Имеется вариометр, у которого индуктивности катушек $L_1 = 225$ *мкгн* и $L_2 = 100$ *мкгн*. Коэффициент связи между катушками $k = 30\%$. Определить максимальную и минимальную индуктивности.

Ответ: 415 и 235 *мкгн*.

1-49. Определить общую индуктивность двух одинаковых включенных навстречу друг другу катушек, если коэффициент связи $k = 100\%$.

Ответ: Нуль.

1-50. Имеются две катушки, которые при включении их последовательно друг с другом показали результирующую индуктивность 500 *мкгн*. При перемене концов соединения этих катушек друг с другом результирующая индуктивность оказалась равной 100 *мкгн*. Определить взаимоиндуктивность между катушками.

Ответ: 100 *мкгн*.

При параллельном включении двух индуктивностей и при наличии между ними связи (фиг. 1-22) результирующая индуктивность определяется по формуле

$$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 \mp 2M}, \qquad (1\text{-}33)$$

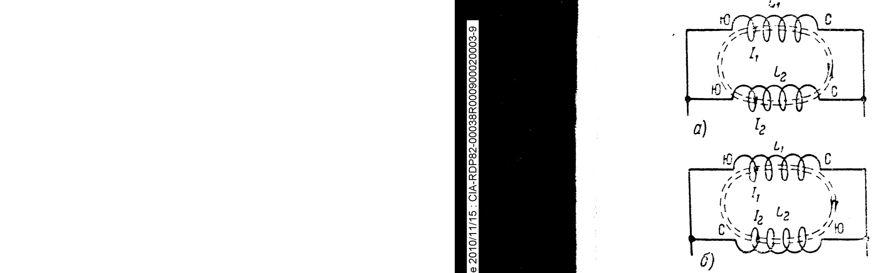
DOCUMENT №03

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

где в знаменателе знак (+) относится к случаю фиг. 1-22,*а*, когда направления токов в витках катушек совпадают, а знак (—) соответствует случаю фиг. 1-22,*б*, когда направления токов в витках противоположны. В частном случае, когда $L_1 = L_2 = L'$, формула (1-33) может быть представлена в виде



Фиг. 1-22.

$$L = \frac{L' - M}{2}, \quad (1\text{-}33а)$$

если направления токов в витках обеих катушек одинаковы, и

$$L = \frac{L' + M}{2}, \quad (1\text{-}33б)$$

если направления токов в витках противоположны.

Задачи.

1-51. Две катушки с индуктивностями 10 *мгн* каждая включены параллельно. Определить результирующую индуктивность в случаях, когда:

а) направления токов в витках катушек совпадают;

б) направления токов противоположны.

Коэффициент связи между катушками в обоих случаях равен 20%.

Ответ: а) 4 *мгн*; б) 6 *мгн*.

1-52. Даны две катушки индуктивностью L каждая (две половинки первичной обмотки трансформатора). Коэффициент связи между ними $k = 1$. Определить результирующую индуктивность в следующих случаях:

а) катушки включены последовательно и направления токов в витках обеих катушек совпадают;

б) катушки включены последовательно, но направления токов в витках противоположны;

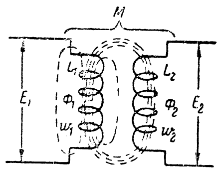
в) катушки включены параллельно и направления токов в витках совпадают;

г) катушки включены параллельно, но направления токов в витках противоположны.

Ответ: а) $4L$; б) нуль; в) нуль; г) L.

Трансформаторное включение катушек индуктивности. Электродвижущая сила, индуктируемая во вторичной цепи (фиг. 1-23) при изменении тока в первичной цепи, определяется соотношением

$$E_2 = \frac{w_2 k \Phi}{t} \cdot 10^{-8}\, в, \quad (1\text{-}34)$$



Фиг. 1-23.

где E_2 — индуктируемая э. д. с. во вторичной цепи, *в*;

w_2 — число витков вторичной цепи;

Φ — полный магнитный поток в первичной катушке, *мкс*;

t — время, в течение которого происходит изменение потока, сек.;

k — коэффициент связи между катушками.

Примеры и задачи.

1-53. Две катушки расположены так, что только 40% числа магнитных силовых линий первой катушки пересекает витки второй катушки, число витков которой равно 350.

Какая э. д. с. будет индуктироваться во вторичной катушке, если магнитный поток в 600 000 *мкс* спадает до нуля в течение 0,1 сек.?

Решение

$$E_2 = \frac{w_2 k \Phi}{t} \cdot 10^{-8} = \frac{350 \cdot 0{,}4 \cdot 600\,000}{0{,}1} \cdot 10^{-8} = 8{,}4\, в.$$

1-54. Две катушки с числами витков $w_1 = 50$ и $w_2 = 100$ расположены так, что только 5% линий магнитного поля первой катушки пересекают витки второй катушки. При токе в 5 *ма* в первой катушке создается магнитный поток в 800 *мкс*. а) Определить, какая э. д. с. будет индуктироваться во второй катушке, если ток уменьшается от максимального значения до нуля

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

в течение 0,00005 сек.? б) Найти отношение э. д. с. в первичной и вторичной цепях; в) Найти общее выражение для коэффициента трансформации n, т. е. $n=E_2/E_1$.

Ответ: а) $E_2=0,8\,в$; б) $E_1=8\,в$; $\frac{E_2}{E_1}=0,1$; в) $n=k\frac{w_2}{w_1}$.

3. ЕМКОСТЬ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Совокупность двух проводников (обкладок), разделенных диэлектриком, называется **конденсатором**. Если разность потенциалов на обкладках конденсатора равна U, а заряд на одной из обкладок равен q, то **емкость конденсатора** может быть определена, как

$$C=\frac{q}{U}. \quad (1\text{-}35)$$

Если q выражено в кулонах (ампер-секундах), а U — в вольтах, то емкость C выражается в фарадах (*ф*).

Энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора, определяется формулой

$$W=\frac{CU^2}{2}, \quad (1\text{-}36)$$

где W — энергия, *вт-сек*;
C — емкость, *ф*;
U — напряжение, *в*.

Емкость конденсатора с плоско-параллельными пластинами. В простейшем случае конденсатора из двух пластин емкость определяется формулой

$$C=\frac{0{,}0885\,\varepsilon S}{d}, \quad (1\text{-}37)$$

где C — емкость, *мкмкф*;
S — площадь одной пластины, *см²*;
d — расстояние между пластинами или толщина диэлектрика, *см*;
ε — диэлектрическая проницаемость материала диэлектрика.

Значения ε для некоторых наиболее употребительных диэлектриков приведены в табл. 1-2.

Таблица 1-2

Диэлектрическая проницаемость некоторых диэлектриков

Диэлектрик	ε
Воздух	1,0
Казеин	6,4
Кварц	4,2
Миканит	4,5—6,0
Радиофарфор	6—6,5
Слюда	5—7
Стеатит	5—6
Стекло обыкновенное	5,5—6,5
Тиконд	60—90
Шеллак	2,5—4
Целлулоид	5,5—8,5
Эбонит	2,5—4
Бумага парафинированная	2,2

Емкость многопластинчатых конденсаторов, состоящих из N пластин, определяется формулой

$$C=\frac{0{,}0885\,\varepsilon S(N-1)}{d}\ мкмкф. \quad (1\text{-}38)$$

Примеры и задачи.

1-55. Определить емкость конденсатора с воздушным диэлектриком, состоящего из двух квадратных пластин со стороной 10 *см*, отстоящих друг от друга на расстоянии 0,1 *мм*.

Ответ: 885 *мкмкф*.

1-56. Если в конденсаторе предыдущей задачи воздух заменить слюдой ($\varepsilon=8$), то чему будет равна его емкость?

Ответ: 7 080 *мкмкф*.

1-57. Конденсатор состоит из 10 пластин размером 4×5 *см*; диэлектриком служит слюда с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon=6$ и толщиной 0,1 *см*. Определить емкость конденсатора.

Решение

$$C=\frac{0{,}0885\,\varepsilon S(N-1)}{d}=\frac{0{,}0885\cdot6\cdot4\cdot5\,(10-1)}{0{,}1}=955\ мкмкф.$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

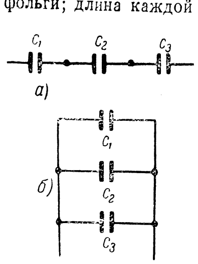
1-58. Емкость конденсатора равна 0,001217 *мкф*. Диэлектрик — слюда ($\varepsilon=5,5$). Конденсатор состоит из двух пластин площадью 100 *см*^{2} каждая. Определить толщину диэлектрика.

Ответ: $d=0,04$ *см*.

1-59. Имеется девять пластин площадью 3×5 *см*. Диэлектриком служит слюда ($\varepsilon=6,3$). Собранный из этих материалов конденсатор показал емкость 0,00223 *мкф*. Чему равна толщина слюды?

Ответ: $d=0,03$ *см*.

1-60. Конденсатор состоит из двух длинных полосок фольги; длина каждой полоски 150 *см* и ширина 2 *см*. Диэлектриком служит парафинированная бумага с $\varepsilon=2,2$ и толщиной 0,3 *мм*. Определить емкость конденсатора.



Фиг. 1-24.

Ответ: $C=1\,947$ *мкмкф*.

1-61. Сколько нужно квадратных пластин со стороной 5 *см* для получения емкости в 3 720 *мкмкф*, если диэлектриком служит слюда с $\varepsilon=6,0$ и толщиной 0,25 *мм*?

Ответ: Восемь пластин.

1-62. Имеются два конденсатора одинаковой конструкции. Площадь пластинки одного из них $S_1=150$ *см*^{2}, другого — $S_2=130$ *см*^{2}. Емкость первого конденсатора $C_1=0,02$ *мкф*. Чему равна емкость C_2 другого конденсатора?

Ответ: $C_2=0,00173$ *мкф*.

Последовательное и параллельное включения емкостей. При последовательном включении емкостей C_1, C_2, C_3 и т. д. (фиг. 1-24,*а*) результирующая емкость C равна:

$$C=\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\dots}. \qquad (1\text{-}39)$$

В случае двух последовательно включенных емкостей результирующая емкость равна

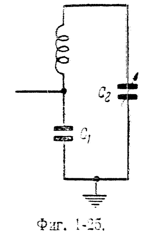
$$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}.$$

При параллельном включении емкостей (фиг. 1-24,*б*) результирующая емкость равна

$$C=C_1+C_2+C_3+\dots \qquad (1\text{-}39а)$$

Результирующая емкость при смешанном включении емкостей определяется формулами (1-39) и (1-39а).

Примеры и задачи.



Фиг. 1-25.

1-63. Два конденсатора емкостью 4 и 8 *мкф* включены: а) последовательно и б) параллельно друг другу. Найти результирующую емкость в обоих случаях.

Ответ: а) 2,66 *мкф*; б) 12 *мкф*.

1-64. Конденсатор C_1 (фиг. 1-25) включен последовательно с конденсатором настройки C_2. Если $C_1=0,05$ *мкф*, то чему будет равна результирующая емкость C, когда: а) C_2 установлено на минимум емкости (40 *мкмкф*); б) C_2 установлено на максимум емкости (500 *мкмкф*)?

Ответ: а) практически $C=C_2=40$ *мкмкф*; б) $C=$ $=495$ *мкмкф*.

1-65. Если в предыдущей задаче емкость $C_1=$ $=0,005$ *мкф*, то чему будет равна результирующая емкость C при установке C_2 на его максимальную емкость?

Ответ: $C=454,5$ *мкмкф*.

1-66. В контуре гетеродина приемника конденсатор сопряжения C_1 (фиг. 1-26) имеет следующие значения: для коротких волн — 0,0036 *мкф*; для средних волн — 0,0006 *мкф*; для длинных волн — 0,0003 *мкф*. Максимальная емкость конденсатора настройки C_2 равна 500 *мкмкф*. Чему будет равна результирующая емкость контура

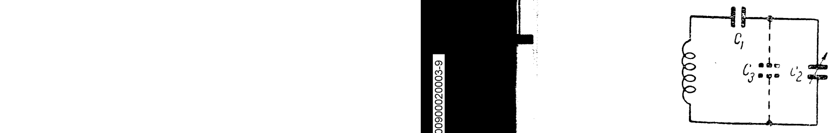
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

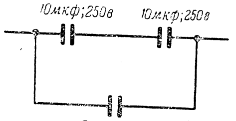
DOCUMENT
№ 03

в каждом диапазоне волн, если емкость монтажа C_3 равна 50 *мкмкф*?

Решение. Емкость C_3 включена параллельно емкости C_2,



Фиг. 1-26.



Фиг. 1-27.

поэтому общая емкость их $C' = C_3 + C_2 = 500 + 50 = 550$ *мкмкф*. Тогда получаем:

а) для коротких волн

$$C = \frac{C_1 C'}{C_1 + C'} = \frac{0{,}0036 \cdot 0{,}00055}{0{,}0036 + 0{,}00055} = 0{,}000477 \text{ мкф} = 477 \text{ мкмкф};$$

б) для средних волн

$$C = \frac{0{,}0006 \cdot 0{,}00055}{0{,}0006 + 0{,}00055} =$$

$$= 0{,}000287 \text{ мкф} = 287 \text{ мкмкф};$$

в) для длинных волн

$$C = 194 \text{ мкмкф}.$$

Фиг. 1-28.

1-67. Определить результирующую емкость для случая фиг. 1-27.

Ответ: 10 *мкф*.

1-68. В трехэлектродной лампе межэлектродные емкости (фиг. 1-28) равны: C_1, C_2 и C_3. Найти полную емкость между катодом и анодом;

Фиг. 1-29.

Решение. Между анодом и катодом включены емкости: C_3 и параллельно к ней две емкости C_2 и C_1, включенные между собой последовательно. Поэтому результирующая емкость между катодом и анодом равна

$$C = C_3 + \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Постоянная времени цепи с конденсатором. Время, в течение которого напряжение на конденсаторе в цепи

фиг. 1-29 достигнет при его заряде 63% своего конечного максимального значения, равного э. д. с. источника, называется постоянной времени цепи и выражается как

$$\tau = CR, \qquad (1\text{-}40)$$

где τ — время в секундах, в течение которого емкость зарядится до 63% от своего конечного максимального заряда;

C — емкость, *ф*;

R — сопротивление цепи, *ом*.

Постоянная времени показывает также, через какое время при разряде конденсатора напряжение на нем падает до 37% от своего первоначального значения.

Время, необходимое для того, чтобы напряжение (или заряд) на конденсаторе достигло определенного значения в процентах от его максимального значения, определяется по формуле

$$t = k\tau = kRC, \qquad (1\text{-}40а)$$

где значения k берутся из кривых фиг. 1-20.

Примеры и задачи.

1-69. Емкость 0,005 *мкф* и сопротивление 2 *мгом* включены последовательно, и эта цепь подключена к батарее с напряжением 300 *в*. а) Чему равна постоянная времени этой цепи? б) Какое время необходимо, чтобы конденсатор зарядился до 200 *в*? До 300 *в*? в) Если конденсатор зарядится полностью (до 300 *в*), то через какое время он разрядится до 200 *в*? До 50 *в*?

Решение

а) Постоянная времени $\tau = RC = 2 \cdot 10^6 \cdot 0{,}005 \cdot 10^{-6} = 0{,}01$ сек.

б) Так как 200 *в* составляет $\frac{200}{300} \cdot 100 = 66{,}6\%$, то из кривой заряда на графике (фиг. 1-20) находим, что $k = 1{,}1$. Следовательно,

$$t = kRC = 1{,}1 \cdot 0{,}01 = 0{,}011 \text{ сек}.$$

Конденсатор зарядится до полного напряжения практически за время

$$t = k\tau = 5 \cdot 0{,}01 = 0{,}05 \text{ сек}.$$

в) Конденсатор разрядится до 200 *в* за время

$$t = k\tau = 0{,}4 \cdot 0{,}01 = 0{,}004 \text{ сек}.$$

Конденсатор разрядится до 50 *в* за время

$$t = k\tau = 1{,}8 \cdot 0{,}01 = 0{,}018 \text{ сек}.$$

3*

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

1-70. В цепь сетки детекторной лампы включен конденсатор емкостью 250 *мкмкф*, шунтированный сопротивлением в 1 *мгом*.

1) Чему равна постоянная времени этой цепи? б) За какое время конденсатор полностью разрядится?

Ответ: а) 0,00025 сек; б) 0,00125 сек.

1-71. В цепь схемы автоматического регулирования громкости приемника включена цепь RC с постоянной времени $\tau=0{,}2$ *сек*. а) Чему равно сопротивление этой цепи, если емкость равна 0,1 *мкф*? б) Чему должна быть равна емкость, если сопротивление равно 1 *мгом*?

Ответ: а) 2 *мгом*; б) 0,2 *мкф*.

Емкость проводов. Емкость одиночного параллельного земле проводника определяется формулой

$$C=\frac{24{,}2}{\lg\frac{4h}{d}}\ мкмкф/м, \qquad (1\text{-}41)$$

где h — высота подвеса над землей;
d — диаметр провода.

Размеры выражены в одинаковых единицах.

Емкость двухпроводной линии определяется формулой

$$C=\frac{12{,}1}{\lg\frac{2D}{d}}\ мкмкф/м, \qquad (1\text{-}42)$$

где D — расстояние между проводами;
d — диаметр проводов.

Размеры выражены в одинаковых единицах.

Емкость концентрического кабеля определяется формулой

$$C=\frac{24{,}2\varepsilon}{\lg\frac{D}{d}}\ мкмкф/м, \qquad (1\text{-}43)$$

где d — внешний радиус внутреннего проводника;
D — внутренний радиус внешнего проводника;
ε — диэлектрическая проницаемость диэлектрика, заполняющего кабель.

Размеры выражены в одинаковых единицах.

Задачи.

1-72. Определить емкость проводника задачи 1-28.

Ответ: 135 *мкмкф*.

1-73. Определить емкость двухпроводной линии задачи 1-29.

Ответ: 67,5 *мкмкф*.

1-74. Определить емкость концентрического кабеля задачи 1-30, если кабель заполнен полистиролом ($\varepsilon=2{,}5$).

Ответ: 46,5 *мкмкф*.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

Период T и частота f синусоидального переменного тока связаны соотношением

$$T=\frac{1}{f}\ сек.;\quad f=\frac{1}{T}\ гц. \qquad (2\text{-}1)$$

Угловая или круговая частота ω равна

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f\ \frac{1}{сек.}. \qquad (2\text{-}2)$$

Мгновенное значение i переменного тока или напряжения u определяется соответственно

$$i=I_a\sin\omega t=I_a\sin 2\pi ft=I_a\sin\alpha;$$
$$u=U_a\sin\omega t=U_a\sin 2\pi ft=U_a\sin\alpha, \qquad (2\text{-}3)$$

где I_a — амплитуда тока;
U_a — амплитуда напряжения;
t — время, сек.;
$\alpha=\omega t=2\pi ft$ — фазовый угол или фаза в радианах.

Действующее или эффективное, или среднеквадратичное значение тока I или напряжения U соответственно равны

$$I=\frac{I_a}{\sqrt{2}}=0{,}707I_a; \qquad (2\text{-}4)$$

$$U=\frac{U_a}{\sqrt{2}}=0{,}707U_a.$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Среднее значение I_0 переменного тока **за полпериода** равно

$$I_0 = \frac{2}{\pi} I_a = 0{,}637 I_a. \qquad (2\text{-}5)$$

Среднее значение переменного тока за период равно нулю.

Задачи и примеры.

2-1. Частота тока $f = 50$ *гц*. Чему равен период T?

Ответ: $T = 0{,}02$ сек.

2-2. Период тока равен $T = 10$ *мксек*. Чему равна частота?

Ответ: $f = 100$ *кгц*.

2-3. Частота тока $f = 5\,000$ *гц*. Успеет ли за один период этого тока полностью разрядиться конденсатор в задаче 1-71?

Ответ: Нет.

2-4. Амплитуда переменного тока $I_a = 5$ *а*, частота $f = 50$ *гц*. Чему равно мгновенное значение тока через 0,005 сек. после прохождения его через нуль?

Решение. Мгновенное значение тока равно

$$i = I_a \sin \omega t = I_a \sin 2\pi f t.$$

Подставляя соответствующие значения, получим

$$i = 5 \sin (2\pi \cdot 50 \cdot 0{,}005 \cdot 57{,}3)^* = 5 \sin 90^\circ.$$

Так как $\sin 90^\circ = 1$, то $i = 5 = I_a$, т. е. в этот момент мгновенное значение тока равно его амплитуде.

2-5. Найти мгновенное значение тока в предыдущей задаче при $t = \frac{1}{125}$ *сек*.

Ответ: $i = 2{,}94$ *а*.

2-6. Амплитуда тока с частотой $f = 4 \cdot 10^6$ *гц* равна $I_a = 20$ *а*. Через какое время после прохождения через нуль ток достигнет значения 12 *а*?

* Множитель 57,3 вводится, чтобы под знаком синуса получить выражение угла в градусах (1 радиан = 57,3°).

Решение.

$$12 = 20 \sin (2\pi f t) = 20 \sin (2\pi \cdot 4 \cdot 10^6 t \cdot 57{,}3) = 20 \sin (144 \cdot 10^7 t).$$

Следовательно,

$$\sin (144 \cdot 10^7 t) = \sin \alpha = \frac{12}{20} = 0{,}6.$$

Это соответствует по таблицам (см. приложение 2) углу 36°52′. Поэтому

$$144 \cdot 10^7 t = 36 \frac{52^\circ}{60} = \frac{553^\circ}{15},$$

откуда

$$t = \frac{553}{15 \cdot 144 \cdot 10^7} = 256 \cdot 10^{-10} \text{ сек.}$$

2-7. Частота тока $f = 10^6$ *гц*. Через какое время после прохождения через максимальное значение ток достигнет нулевого значения?

Ответ: Через 0,25 *мксек*.

2-8. Измеренное прибором эффективное значение напряжения равно 100 *в*. Чему равна амплитуда напряжения?

Ответ: 141 *в*.

1. АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Поверхностный эффект. Вследствие поверхностного эффекта величина данного сопротивления возрастает по сравнению с его значением при постоянном токе, так как переменный ток проходит не через всю площадь сечения проводника, а распределяется ближе к его поверхности.

Глубина погружения тока в проводник или **глубина поверхностного эффекта** определяется формулой

$$d = 50{,}33 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}, \qquad (2\text{-}6)$$

где d — глубина поверхностного эффекта, *см*;
ρ — удельное сопротивление материала;
μ — магнитная проницаемость материала;
f — частота, *гц*.

В случае **медных** проводников

$$d = \frac{6{,}62}{\sqrt{f}}. \qquad (2\text{-}7)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Величина сопротивления в случае переменного тока определяется формулой

$$R_f = \frac{198 \cdot 10^{-6} \sqrt{\rho \mu f}}{P}, \qquad (2\text{-}8)$$

где R_f — сопротивление проводника на 1 *м* длины, *ом*;
ρ, μ, f — как и в случае формулы (2-6);
P — периметр сечения материала, из которого сделано сопротивление, *см*.

В случае медных проводников

$$R_f = \frac{261 \cdot 10^{-7} \sqrt{f}}{P} \text{ ом/м}. \qquad (2\text{-}9)$$

Задачи и примеры.

2-9. Ток с частотой 10^6 *гц* проходит по медному проводнику с площадью сечения 3,14 *мм*². Найти глубину погружения тока в провод и его сопротивление, если длина провода равна 10 *м*.

Решение. Площадь 3,14 *мм*² соответствует диаметру $D = 2$ *мм*. Периметр провода $P = \pi D = 6{,}28$ *мм* $= 0{,}628$ *см*. Следовательно, сопротивление его

$$R_f = \frac{261 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{f} \cdot l}{P} = \frac{261 \cdot 10^{-7} \sqrt{10^6} \cdot 10}{0{,}628} = 0{,}415 \text{ ом}.$$

Глубина погружения тока

$$d = \frac{6{,}62}{\sqrt{f}} = \frac{6{,}62}{10^3} = 0{,}00662 \text{ см} = 0{,}06 \text{ мм}.$$

2-10. Во сколько раз увеличилось сопротивление проводника предыдущей задачи по сравнению с сопротивлением его постоянному току?

Ответ: В 7,4 раза.

2-11. Даны два проводника одинаковой длины и одинакового поперечного сечения, но один проводник — алюминиевый, другой — медный. В каком из них лучше используется площадь поперечного сечения при токе высокой частоты?

Ответ: В алюминиевом.

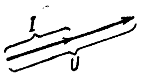
2-12. Какая часть площади сечения будет полезно использована в круглом медном проводнике при частоте тока $f = 100$ *мгц*? Диаметр проводника — 5 *мм*.

Ответ: 0,264%.

Мощность переменного тока. Прохождение переменного тока в цепи, состоящей из активного сопротивления, подчиняется закону Ома, который остается верным для мгновенных, амплитудных и эффективных значений тока и напряжения, т. е.

$$i = \frac{u}{R}; \quad I_a = \frac{U_a}{R}; \quad I = \frac{U}{R}. \qquad (2\text{-}10)$$

Переменные ток и напряжение в цепи, содержащей только активное сопротивление R, совпадают по фазе, т. е. сдвиг фазы между током и напряжением равен нулю: ток достигает максимального значения в момент максимального значения напряжения; ток равен нулю в момент прохождения напряжения через нуль. Графически это изображается векторной диаграммой, представленной на фиг. 2-1, где вектор тока $\bar{I}$ совпадает с направлением вектора напряжения $\bar{U}$.



Фиг. 2-1.

Мощность переменного тока, поглощаемая цепью, содержащей только активное сопротивление, определяется формулами:

Мгновенное значение мощности

$$p = iu = i^2 R = \frac{u^2}{R} \text{ вт}. \qquad (2\text{-}11)$$

Средняя мощность, т. е. мощность, поглощаемая за период,

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \text{ вт} \qquad (2\text{-}12)$$

или

$$P = \frac{I_a U_a}{2} = \frac{I_a^2 R}{2} = \frac{U_a^2}{2R} \text{ вт}.$$

Мощность, помноженная на время, определяет **расход энергии** или **работу тока**

$$W = Pt. \qquad (2\text{-}13)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Если P выражено в ваттах и t — в секундах, то энергия выражается в ватт-секундах.

Если P выражено в киловаттах и t — в часах, энергия выражается в киловаттчасах.

Поглощаемая сопротивлением мощность выделяется в виде тепла, которое может быть подсчитано по формуле

$$Q = 0{,}24Pt, \qquad (2\text{-}14)$$

где Q — количество выделенного в сопротивлении тепла, *ккал*;

P — мощность, *квт*;

t — время, сек.

Задачи и примеры.

2-13. 60-ваттная лампа рассчитана на напряжение 230 *в*. Чему равно ее сопротивление?

Ответ: 881,7 *ом*.

2-14. Сколько потребуется проволоки для изготовления электрического паяльника мощностью 35 *вт* при напряжении сети 120 *в*? Проволока — нихром диаметром 0,1 *мм*.

Ответ: 3,2 *м*.

2-15. Сколько израсходует энергии паяльник предыдущей задачи за время работы в течение 8 час. и сколько будет стоить эта энергия, если 1 *квтч* стоит 40 коп.?

Ответ: 11,2 коп.

2-16. Сопротивление обмотки паяльника равно 252,6 *ом*. Он подключен к сети с амплитудным напряжением в 325,2 *в*. Найти мощность, потребляемую паяльником.

Решение

$$P = \frac{U^2}{R},$$

где U — эффективное значение напряжения.

Поэтому

$$P = \left(\frac{325{,}2}{\sqrt{2}}\right)^2 : 252{,}6 = 208 \text{ вт}.$$

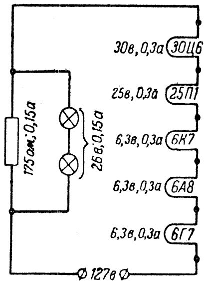
2-17. Дана цепь накала приемника „Рекорд" (фиг. 2-2).

Определить:

а) Какая мощность расходуется в этой цепи?

б) Какое последовательное сопротивление необходимо включить в цепь накала в случае питания приемника от сети с напряжением 220 *в*?

Ответ: а) 38 *вт*; б) 310 *ом*.



Фиг. 2-2.

2-18. На паспорте электроплитки написано: 400 *вт*/120 *в*. Определить амплитуду тока, проходящего через спираль плитки, и стоимость пользования плиткой в течение 10 час. при цене в 40 коп. за 1 *квтч*.

Ответ: 4,7 *а*; 1 руб. 60 коп.

2-19. Прибор в цепи переменного тока показывает значение 5 *а*. Определить среднее значение тока за полпериода и за период.

Ответ: 4,5 *а*; 0.

2-20. Сколько стоит вскипятить электрическим чайником в течение 15 мин. 1 *л* воды, если к. п. д. чайника равен 80% и он рассчитан на включение в сеть с напряжением в 120 *в*?

Решение. Количество тепла, которое необходимо для нагревания 1 *л* (1 000 *см*³) воды от комнатной температуры (16°) до 100°, равно

$$Q = 1\,000(100-16) = 84\,000 \text{ кал}.$$

Так как к. п. д. чайника $\eta = 80\%$, то необходимая мощность для кипячения в нем воды

$$P = \frac{Q}{0{,}24 \cdot t \cdot \eta} = \frac{84\,000}{0{,}24 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 0{,}8} = 486 \text{ вт} = 0{,}486 \text{ квт}.$$

Следовательно, стоимость кипячения воды равна

$$\frac{0{,}486 \cdot 15 \cdot 40}{60} = 4{,}86 \text{ коп.}$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№03

2-21. Определить сопротивление нагревательного элемента чайника предыдущей задачи.

Ответ: 29,5 *ом*.

2. ИНДУКТИВНОЕ И АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивность в цепи переменного тока создает э. д. с. самоиндукции, противодействующую приложенному напряжению. Электродвижущая сила самоиндукции равна

$$E_L = \omega L I, \qquad (2\text{-}15)$$

где $\omega = 2\pi f$ — угловая частота, f — *гц*;

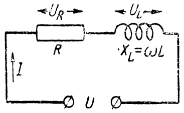
L — индуктивность, *гн*;

I — ток, *а*.

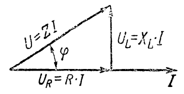
Произведение ωL представляет сопротивление индуктивности переменному току и называется реактивным индуктивным сопротивлением или, кратко, индуктивным сопротивлением.

Фиг. 2-3.

Векторная диаграмма цепи, содержащей чистую индуктивность, т. е. индуктивность без активного сопротивления (без потерь), показана на фиг. 2-3. Ток в цепи с индуктивностью отстает от приложенного напряжения U на 90° и опережает э. д. с. самоиндукции E_L на 90°. Другими словами, сдвиг фаз между током и напряжением равен 90° (положительный сдвиг фаз), сдвиг фаз между током и э. д. с. самоиндукции равен 90° (отрицательный сдвиг фаз). Сдвиг фаз между U и E_L равен 180° и они друг друга уравновешивают.



Фиг. 2-4.



Фиг. 2-5.

Последовательное включение активного и индуктивного сопротивлений. Если цепь содержит последовательно включенные индуктивность L и активное сопротивление R (фиг. 2-4), то векторная диаграмма такой цепи имеет вид, показанный на фиг. 2-5. В этом случае сдвиг фаз φ между U и I меньше 90° и определяется соотношениями:

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2+X_L^2}} = \frac{R}{Z} \qquad (2\text{-}16)$$

или

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_L}{R}, \qquad (2\text{-}17)$$

где $X_L = \omega L$ *ом*.

При этом $\cos\varphi$ называется коэффициентом мощности. Величина

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \qquad (2\text{-}18)$$

— полное сопротивление цепи — определяется гипотенузой прямоугольного треугольника, построенного на катетах X_L и R.

Приложенное к цепи (фиг. 2-4) напряжение состоит из двух слагающих:

а) падения напряжения на активном сопротивлении: $U_R = IR$;

б) падения напряжения на индуктивном сопротивлении, уравновешивающего э. д. с. самоиндукции: $U_L = IX_L$.

Полное напряжение U представляет геометрическую сумму U_R и U_L, что и показано на фиг. 2-5: U равно гипотенузе прямоугольного треугольника с катетами U_L и U_R.

Мощность переменного тока в цепи, содержащей последовательно включенные индуктивное и активное сопротивления, равна

$$P = UI\cos\varphi = I^2 R = \frac{U_R^2}{R}\ \textit{вт}. \qquad (2\text{-}19)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Если $R=0$, т. е. цепь состоит только из индуктивности, то $\varphi=90°$, $\cos\varphi=0$ и $P=0$, т. е. индуктивность мощности не поглощает.

Произведение $P_к=UI$ называется **кажущейся мощностью** и выражается в вольтамперах (*ва*).

Если R относится к самой катушке, то в этом случае $\operatorname{tg}\varphi$ называют **добротностью** катушки Q_L, т. е.

$$Q_L=\frac{\omega L}{R}. \qquad (2\text{-}20)$$

У катушек, применяемых в цепях высокой частоты, R бывает намного меньше, чем X_L. Тогда полное сопротивление катушки $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}\approx X_L$ и $\cos\varphi$ катушки будет равен

$$\cos\varphi\approx\frac{R}{X_L}=\frac{1}{Q_L}. \qquad (2\text{-}21)$$

Задачи и примеры.

2-22. Приборы, включенные в цепь переменного тока, показывают напряжение $U=50$ *в*, ток $I=5$ *а* и мощность $P=100$ *вт*. Чему равен коэффициент мощности цепи?

Ответ: 0,4.

2-23. Ток в цепи равен $I=4$ *а*, напряжение $U=500$ *в* и коэффициент мощности $\cos\varphi=0{,}86$. Какая мощность поглощается в цепи? Чему равна кажущаяся мощность этой цепи?

Ответ: 1 720 *вт*; 2 000 *ва*.

2-24. Поглощаемая в цепи мощность переменного тока равна 475 *вт*. Кажущаяся мощность равна 560 *ва*. Чему равен сдвиг фаз между током и напряжением?

Ответ: 32°.

2-25. Подставьте в уравнение (2-15) выражение индуктивности из формулы (1-21) и определите, чему равно эффективное значение э. д. с. катушки индуктивности.

Ответ: $E=4{,}44\cdot f\cdot w\cdot\Phi\cdot10^{-8}$ *в*.

2-26. Измеренное напряжение на первичной обмотке трансформатора при частоте 1 000 *гц* равно 2 *в*. Известно, что число витков этой обмотки $w_1=5\,000$. Чему равен максимальный магнитный поток в обмотке?

Ответ: ~ 9 *мкс*.

2-27. Индуктивность дросселя фильтра равна 30 *гн* и его активное сопротивление—400 *ом*. Определить: а) реактивное сопротивление дросселя при $f=100$ *гц*; б) его полное сопротивление при этой же частоте; в) какой переменный ток будет проходить через дроссель, если приложенное к нему напряжение равно 250 *в*; г) сдвиг фаз между током и напряжением; д) поглощаемую им мощность.

Решение

а) $X_L=2\cdot\pi\cdot f\cdot L=2\cdot\pi\cdot100\cdot30=18\,800$ *ом*;

б) $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}=\sqrt{400^2+18\,800^2}=18\,900$ *ом*;

в) $I=\frac{U}{Z}=\frac{250}{18\,900}=0{,}0132$ *а* $=13{,}2$ *ма*;

г) $\cos\varphi=\frac{R}{Z}=\frac{400}{18\,900}=0{,}0211$;

$$\varphi=87°50';$$

д) $P=UI\cos\varphi=250\cdot0{,}0132\cdot0{,}0211=0{,}07$ *вт*.

2-28. Индуктивность катушки равна 250 *мкгн* и ее активное сопротивление равно 10 *ом*. Определить коэффициент мощности этой катушки при частоте 10^6 *гц*. Чему равна добротность этой катушки?

Ответ: $\cos\varphi\approx0{,}00636$;

$$Q=157\approx\frac{1}{\cos\varphi}.$$

2-29. Катушка с индуктивностью 10 *гн* подключена к сети с напряжением 110 *в* и частотой 50 *гц*. Активное сопротивление катушки равно 220 *ом*. Определить: а) какой ток идет через катушку; б) какую мощность она поглощает; в) коэффициент мощности; г) сдвиг фаз. Начертите векторную диаграмму этой цепи.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

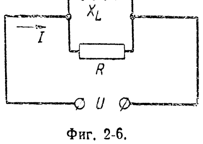
№ 03

Ответ: а) $\sim 0{,}035$ *а*;
б) 0,245 *вт*;
в) 0,0637;
г) $\varphi = 86°20$.

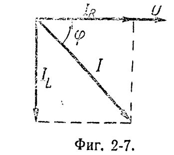
2-30. Катушка индуктивности в 10 *гн* включена последовательно с активным сопротивлением 100 000 *ом* в цепь переменного тока с частотой $f = 5\,000$ *гц*. В какой пропорции распределится между ними подведенное к этой цепи напряжение?

Ответ: $U_L : U_R = 3{,}14$.

2-31. Катушка настройки приемника имеет индуктивность 170 *мкгн* и активное сопротивление — 6,5 *ом*.



Фиг. 2-6.



Фиг. 2-7.

Чему будут равны ее реактивное сопротивление и добротность при частоте 1,21 *мггц*?

Ответ: $X_L = 1\,290$ *ом*; $Q \approx 200$.

2-32. Индуктивность дросселя фильтра в радиоприемнике равна 20 *гн* и активное сопротивление его равно 350 *ом*. Чему равно его полное сопротивление для пульсаций с частотой 100 *гц*?

Ответ: $Z \approx 12\,600$ *ом*.

2-33. При какой частоте катушка индуктивности в 3 *гн*, включенная последовательно с активным сопротивлением в 1 000 *ом*, дает полное сопротивление цепи в 1 520 *ом*?

Решение

$$Z^2 = R^2 + X_L^2,$$

откуда

$$X_L^2 = Z^2 - R^2$$

или

$$(2\pi)^2 f^2 L^2 = Z^2 - R^2,$$

откуда

$$f = \sqrt{\frac{Z^2 - R^2}{(2\pi)^2 L^2}} = \sqrt{\frac{1\,520^2 - 1\,000^2}{(6{,}28)^2 \cdot 3^2}} = \sqrt{3\,600} = 60 \text{ гц}.$$

Параллельное включение индуктивного и активного сопротивлений. При параллельном включении индуктивного и активного сопротивлений в цепь переменного тока (фиг. 2-6) векторная диаграмма имеет вид, показанный на фиг. 2-7. Ток в общей цепи равен геометрической сумме токов в индуктивном и активном сопротивлениях, т. е. равен гипотенузе прямоугольного треугольника, построенного на катетах I_L и I_R:

$$I = \sqrt{I_L^2 + I_R^2}. \qquad (2\text{-}22)$$

Угол φ сдвига фаз между общим током I и приложенным к цепи напряжением U определяется из соотношений

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{R}{X_L} \qquad (2\text{-}22а)$$

или

$$\cos\varphi = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}. \qquad (2\text{-}22б)$$

Полная проводимость цепи y будет равна геометрической сумме проводимостей ветвей, т. е. равна гипотенузе прямоугольного треугольника, построенного на катетах $g = \frac{1}{R}$ и $b = \frac{1}{X_L}$:

$$y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2} = \frac{\sqrt{X_L^2 + R^2}}{RX_L} \frac{1}{ом}, \qquad (2\text{-}23)$$

откуда общее сопротивление всей цепи равно

$$Z = \frac{RX_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \text{ ом}. \qquad (2\text{-}24)$$

Общий ток I в параллельной цепи равен

$$I = \frac{U}{Z}. \qquad (2\text{-}25)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Ток в каждой ветви равен

$$I_L = \frac{U}{X_L} = I \sin \varphi; \qquad (2\text{-}26)$$

$$I_R = \frac{U}{R} = I \cos \varphi. \qquad (2\text{-}27)$$

Мощность, поглощаемая в цепи, равна

$$P = UI \cos \varphi = I_R^2 R = \frac{U^2}{R}. \qquad (2\text{-}28)$$

Примеры и задачи.

2-34. Индуктивность катушки возбуждения громкоговорителя (фиг. 1-15) равна 25 *гн*, сопротивление $R_1 = 10\,000$ *ом* и $R_2 = 140\,000$ *ом*. Частота пульсаций тока $f = 100$ *гц* и коэффициент пульсаций, т. е. отношение амплитуды переменной составляющей напряжения к постоянной составляющей напряжения, $\alpha = 20\%$. Постоянная составляющая напряжения равна 250 *в*. Определить: а) значения переменных токов в активной и реактивной ветвях; б) общий переменный ток в неразветвленной цепи; в) сдвиг фаз между переменными током и напряжением; г) полное сопротивление Z данной цепи для переменного тока; д) мощность переменного тока в обеих ветвях. Активное сопротивление катушки $R_L = 300$ *ом*.

Решение

а) $\omega L = 2\pi f L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 100 \cdot 25 = 15\,700$ *ом*.

Полное сопротивление реактивной ветви

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \sqrt{300^2 + 15\,700^2} \approx 15\,700 = X_L,$$

т. е. практически определяется только реактивным сопротивлением катушки индуктивности на данной частоте. Так как коэффициент пульсаций $\alpha = \frac{U_a}{U_0}$, где U_0 — постоянная составляющая напряжения, то U_a — амплитуда переменной составляющей выпрямленного напряжения — равна $U_a = 0{,}2 \cdot 250 = 50$ *в*. Тогда амплитуда тока в ветви с индуктивностью равна

$$I_{aL} = \frac{U_a}{X_L} = \frac{50}{15\,700} = 0{,}0032 \ a = 3{,}2 \ ма.$$

Амплитуда тока в активной ветви равна

$$I_{aR} = \frac{U_a}{R_1 + R_2} = \frac{50}{150\,000} = 0{,}00033 \ a = 0{,}33 \ ма;$$

б) Общий ток в неразветвленной цепи равен

$$I_a = \sqrt{I_{aR}^2 + I_{aL}^2} = \sqrt{0{,}33^2 + 3{,}2^2} = 3{,}24 \ ма;$$

в) Угол сдвига фаз между U и I_a определим из соотношения

$$I_{aL} = I_a \sin \varphi,$$

откуда

$$\sin \varphi = \frac{I_{aL}}{I_a} = \frac{3{,}2}{3{,}24} = 0{,}99, \text{ т. е. } \varphi \approx 89{,}5°;$$

г) Результирующее сопротивление

$$Z = \frac{U_a}{I_a} = \frac{50}{3{,}24 \cdot 10^{-3}} = 15\,400 \ ом;$$

д) Мощность переменной составляющей, поглощаемая в параллельной цепи, равна

$$P = \frac{U_a I_a}{2} \cos \varphi = \frac{50 \cdot 3{,}24 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \cos 89{,}5° \approx 0{,}007 \ вт,$$

т. е. практически равна нулю.

2-35. Индуктивность первичной обмотки трансформатора равна 20 *гн*. а) Какой величины сопротивлением надо ее шунтировать, чтобы результирующие сопротивления этой параллельной цепи при частотах 100 и 4 000 *гц* отличались друг от друга не более, чем на 1,0%? б) Определить, насколько результирующее сопротивление на этих частотах будет отличаться от результирующего сопротивления при 1 000 *гц*. в) Решите п. а) для условия, чтобы результирующие сопротивления отличались друг от друга не больше, чем на 10%. г) Для шунтирующего сопротивления, найденного из условия *в*) решите задание *б*). Сравните между собой полученные из обоих условий результаты и сделайте из них соответствующие выводы.

Ответ: а) $R \approx 120\,000$ *ом*;

б) на 19,5% и на 27%;

в) $R \approx 5\,750$ *ом*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

3. ЕМКОСТЬ И АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цепь, содержащая только емкость. В цепи, содержащей только емкость, ток опережает приложенное к цепи напряжение на 90° и отстает от напряжения на конденсаторе на 90°, т. е. сдвиг фаз между током и приложенным напряжением равен 90° (отрицательный сдвиг фаз); сдвиг фаз между напряжением на конденсаторе и током равен 90° (положительный сдвиг фаз). Сдвиг фаз между приложенным напряжением U и напряжением на конденсаторе U_C равен 180°, и эти напряжения друг друга уравновешивают. Векторная диаграмма цепи показана на фиг. 2-8.

Фиг. 2-8.

Фиг. 2-9.

Емкость представляет для переменного тока данной частоты сопротивление

$$X_C=\frac{1}{\omega C}\ ом, \qquad (2\text{-}29)$$

где $\omega=2\pi f$ — круговая частота, f — *гц*;

C — емкость, *ф*.

X_C называется реактивным емкостным сопротивлением или, кратко, емкостным сопротивлением.

Последовательное включение емкостного и активного сопротивлений. Если цепь содержит последовательно включенные емкость и активное сопротивление (фиг. 2-9), то векторная диаграмма в этом случае принимает вид, показанный на фиг. 2-10, а сдвиг фаз между U и I меньше 90° и определяется формулой

Фиг. 2-10.

$$\cos\varphi=\frac{R}{\sqrt{R^2+X_C^2}}, \qquad (2\text{-}30)$$

где $\sqrt{R^2+X_C^2}=\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$ — полное сопротивление цепи, определяемое гипотенузой прямоугольного треугольника, построенного на катетах R и X_C

или

$$\operatorname{tg}\varphi=\frac{X_C}{R}. \qquad (2\text{-}31)$$

Если R учитывает потери в самом конденсаторе, то $\operatorname{tg}\varphi$ в этом случае называют добротностью Q_C конденсатора, т. е.

$$Q_C=\operatorname{tg}\varphi=\frac{X_C}{R}=\frac{1}{R\omega C}. \qquad (2\text{-}32)$$

Применяемые в цепях высокой частоты конденсаторы имеют R намного меньше, чем X_C. Поэтому можно считать, что

$$Z=\sqrt{R^2+X_C^2}\approx X_C;$$

$$\cos\varphi\approx\frac{R}{X_C}=\frac{1}{Q_C}. \qquad (2\text{-}33)$$

Приложенное к цепи фиг. 2-9 напряжение состоит из двух слагающих:

а) падения напряжения на активном сопротивлении: $U_R=IR$;

б) падения напряжения на емкостном сопротивлении: $U_C=IX_C$.

Полное напряжение U представляет собой геометрическую сумму U_R и U_C, что и показано на фиг. 2-10: U равно гипотенузе прямоугольного треугольника, построенного на катетах U_R и U_C.

Мощность переменного тока в цепи, содержащей последовательно включенные R и C, равна

$$P=UI\cos\varphi=I^2R=\frac{U_R^2}{R}\ вт. \qquad (2\text{-}34)$$

Если $R=0$, т. е. цепь состоит только из емкости то $\varphi=90°$, $\cos\varphi=0$ и $P=0$, т. е. емкость мощности не поглощает.

Произведение $P_к=UI$ называется кажущейся мощностью и выражается в вольт-амперах (*ва*).

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

Примеры и задачи.

2-36. Чему равно емкостное сопротивление конденсатора емкостью 0,5 *мкф* при частоте 50 *гц*?

Решение

$$X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{2}{2\pi fC}=\frac{1}{2\pi\cdot 50\cdot 0{,}5\cdot 10^{-6}}=6\,370\ \textit{ом}.$$

2-37. Конденсатор сглаживающего фильтра в выпрямителе приемника имеет емкость 10 *мкф*. Частота пульсаций тока $f=100$ *гц*. Чему равно емкостное сопротивление этого конденсатора: а) на частоте пульсаций, б) на частоте 3 *кгц* напряжения, случайно попавшего в фильтр?

Ответ: а) 159 *ом*; б) 5,31 *ом*.

2-38. Емкость конденсатора в цепи сетки детекторной лампы равна 0,0001 *мкф*. Определить емкостное сопротивление этого конденсатора: а) для несущей частоты 1,4 *мггц*; б) для модулирующей частоты 3,5 *кгц*.

Ответ: а) 1 137 *ом*; б) 455 000 *ом*.

2-39. Емкостное сопротивление сглаживающего конденсатора в цепи фильтра выпрямителя при частоте пульсаций 50 *гц* равно 199 *ом*. Определить его емкость.

Ответ: 16 *мкф*.

2-40. Конденсатор емкостью в 1 *мкф* включен последовательно с активным сопротивлением 50 *ом*. Найти полное сопротивление цепи при частоте 1 500 *гц*.

Решение.

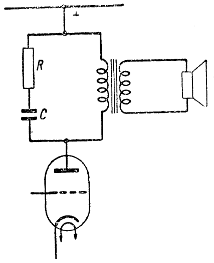
$$Z=\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{2\pi fC}\right)^2}=\sqrt{50^2+\left(\frac{1}{6{,}28\cdot 1\,500\cdot 1\cdot 10^{-6}}\right)^2}=$$

$$=\sqrt{50^2+\left(\frac{10^6}{9\,420}\right)^2}=\sqrt{2\,500+11\,270}=117{,}3\ \textit{ом}.$$

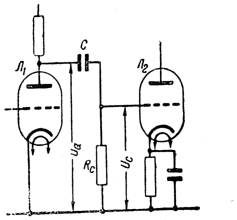
2-41. В тон-корректирующую цепь включены последовательно емкость $C=0{,}01$ *мкф* и сопротивление $R=8\,000$ *ом* (фиг. 2-11). Определить полное сопротивление этой цепи при частотах 2; 4; 6 и 8 *кгц* и построить кривую изменения Z в зависимости от f.

Ответ: 11 290; 8 934; 8 428 и 8 244 *ом*.

2-41а. Емкость переходного конденсатора C в усилителе на сопротивлениях (фиг. 2-12) равна 0,01 *мкф*.



Фиг. 2-11.

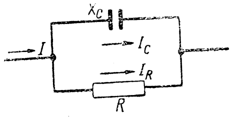


Фиг. 2-12.

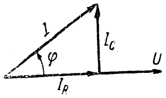
Сопротивление утечки следующей лампы $R_c=0{,}5$ *мгом*. Определить напряжение U_c на сетке второй лампы при 50 и 250 *гц*, если напряжение $U_a=12$ *в*.

Ответ: 1) 10,13 *в*; 2) 11,91 *в*.

Параллельное включение емкостного и активного сопротивлений. При параллельном включении емкости и активного сопротивления в цепь переменного тока (фиг. 2-13) векторная диаграмма тока и напряжения имеет вид, показанный на фиг. 2-14. Общий ток в неразветвленной цепи равен геометрической сумме



Фиг. 2-13.



Фиг. 2-14.

токов в емкостном и активном сопротивлениях, т. е. равен гипотенузе прямоугольного треугольника, построенного на катетах I_C и I_R:

$$I=\sqrt{I_R^2+I_C^2}. \tag{2-35}$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Угол φ сдвига фаз между общим током I и приложенным к цепи напряжением U равен

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{R}{X_C} \qquad (2\text{-}36)$$

или

$$\cos\varphi = \frac{X_C}{\sqrt{X_C^2 + R^2}}. \qquad (2\text{-}37)$$

Для параллельного включения X_C и R можно построить треугольник проводимости.

Полная проводимость цепи y равна гипотенузе прямоугольного треугольника, построенного на катетах $g = \frac{1}{R}$ и $b = \frac{1}{X_C}$;

$$y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2} =$$

$$= \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{RX_C}\,\frac{1}{ом}, \qquad (2\text{-}38)$$

откуда общее сопротивление всей цепи для приложенного напряжения

$$Z = \frac{RX_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}\ ом. \qquad (2\text{-}39)$$

Общий ток

$$I = \frac{U}{Z}. \qquad (2\text{-}40)$$

Ток в каждой ветви равен

$$I_c = \frac{U}{X_C} = I\sin\varphi; \qquad (2\text{-}41)$$

$$I_R = \frac{U}{R} = I\cos\varphi. \qquad (2\text{-}42)$$

Мощность, поглощаемая в цепи,

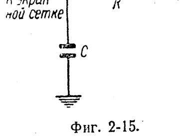
$$P = UI\cos\varphi = I_R^2 R = \frac{U^2}{R}. \qquad (2\text{-}43)$$

Примеры и задачи.

2-42. Сопротивление 5 000 *ом* и конденсатор 0,5 *мкф* включены параллельно друг другу. а) Чему равно емкостное сопротивление конденсатора на частоте f=5 000 *гц*? б) В какой ветви проходит бо́льший ток?

Ответ: а) 63,6 *ом*; б) в емкостной ветви.

2-43. В цепи экранирующей сетки (фиг. 2-15) R=7 500 *ом*. Если желательно, чтобы емкостное сопротивление конденсатора C было в 100 раз меньше сопротивления R, то чему должна быть равна емкость C при частоте 1,5 *мггц*?



Фиг. 2-15.

Ответ: 1 420 *мкмкф*.

2-44. Сопротивление 1 000 *ом* и конденсатор в 20 *мкф* включены параллельно друг другу. (фиг. 1-2). а) Чему равно емкостное сопротивление конденсатора при частоте сигнала 100 *гц*? б) Где проходит бо́льший переменный ток: через емкость или сопротивление?

Ответ: а) 79,5 *ом*; б) через емкость.

2-45. Емкость в 16 *мкф* включена параллельно с сопротивлением 600 *ом*. К цепи приложено напряжение 250 *в* с частотой 50 *гц*. Определить: а) токи, проходящие через емкость и сопротивление; б) коэффициент мощности; в) угол сдвига фаз; г) мощность, поглощаемую в цепи.

Решение

а) $I_R = \frac{U}{R} = \frac{250}{600} = 0{,}416\ a;$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 50 \cdot 16 \cdot 10^{-6}} = 199\ ом;$$

$$I_C = \frac{250}{199} = 1{,}25\ a;$$

б) $I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{0{,}416^2 + 1{,}25^2} = 1{,}33\ a;$

в) $\cos\varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{0{,}416}{1{,}33} = 0{,}314;$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

г) по таблицам находим $\varphi = 71°42'$;

д) $P = UI \cos\varphi = 250 \cdot 1{,}33 \cdot 0{,}314 = 105$ *вт*.

2-46. К цепи, состоящей из параллельно включенных $C = 3000$ *мкмкф* и $R = 50$ *ом*, приложено напряжение $U = 100$ *в* с частотой $f = 10^6$ *гц*. Определить: а) общий ток в неразветвленной цепи; б) токи в ветвях; в) сдвиг фаз между U и I; г) мощность, поглощаемую в цепи.

Ответ: а) $I = 2{,}75$ *а*;

б) $I_R = 2$ *а* и $I_C = 1{,}88$ *а*;

в) $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}94$; $\varphi = 43°20'$;

г) $P = 200$ *вт*.

4. АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, ИНДУКТИВНОСТЬ И ЕМКОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Последовательное включение активного, индуктивного и емкостного сопротивлений. Полное сопротивление цепи, состоящей из последовательно включенных R, X_L и X_C (фиг. 2-16), равно

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2}, \qquad (2\text{-}44)$$

т. е. является геометрической суммой активного сопротивления и полного реактивного сопротивления $X = X_L - X_C$.

Ток равен

$$I = \frac{U}{Z}, \qquad (2\text{-}45)$$

где U — приложенное к цепи напряжение.

Сдвиг фаз между током I и напряжением U определяется формулой

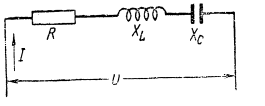
$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \qquad (2\text{-}46)$$

или

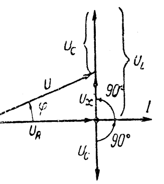
$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X}{R}. \qquad (2\text{-}47)$$

Падения напряжения на каждом элементе цепи равны:

$$\left.\begin{aligned} &\text{а) на активном} - U_R = IR; \\ &\text{б) на индуктивном} - U_L = IX_L; \\ &\text{в) на емкостном} - U_C = IX_C. \end{aligned}\right\} \qquad (2\text{-}48)$$



Фиг. 2-16.



Фиг. 2-17.

Приложенное к цепи напряжение U равно геометрической сумме (фиг. 2-17) падений напряжений на элементах цепи:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{U^2 + U_X^2} \qquad (2\text{-}49)$$

где $U_X = U_L - U_C$.

Резонанс напряжений. Частота f, при которой индуктивное и емкостное сопротивления равны друг другу и, следовательно, компенсируются, т. е. когда $X_L = X_C$ или $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, называется резонансной частотой последовательной цепи или последовательного контура.

Резонансная частота

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \qquad (2\text{-}50)$$

где L — индуктивность, *гн*;
C — емкость, *ф*;
f_p — частота, *гц*.

Ток при резонансе или резонансный ток равен

$$I_p = \frac{U}{R}. \qquad (2\text{-}51)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

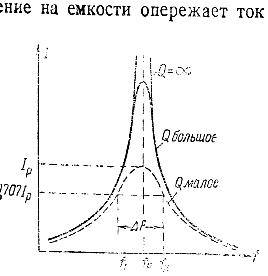
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Сдвиг фаз между током и напряжением **при резонансе** равен нулю. Напряжения на емкости и индуктивности при резонансе равны соответственно

$$\left.\begin{aligned} U_C &= I_p X_C = \frac{U}{R} X_C \\ \text{и} \quad U_L &= I_p X_L = \frac{U}{R} X_L, \end{aligned}\right\} \qquad (2\text{-}52)$$

и так как $X_C = X_L$, то при резонансе $U_C = U_L$. Напряжение на емкости опережает ток на 90°, а напряжение на индуктивности отстает от тока на 90°. Эти напряжения направлены друг против друга и друг друга компенсируют. Такой резонанс носит название резонанса напряжений или последовательного резонанса.



Фиг. 2-18.

Если сопротивление R представляет собой сопротивление потерь в катушке и конденсаторе (как это обычно имеет место в радиочастотных цепях), то, учитывая, что потери в конденсаторе практически малы по сравнению с потерями в катушке, можно считать, что имеются потери только в катушке. Следовательно, при резонансе

$$U_L = U_C = UQ, \qquad (2\text{-}53)$$

где $Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega CR}$ — **добротность** цепи (контура).

Ширина резонансной кривой (полоса пропускания контура). Кривая, изображающая изменение тока в цепи при изменении частоты приложенного напряжения с постоянной амплитудой, носит название **резонансной кривой** (фиг. 2-18) последовательной цепи.

Ширина кривой или **полоса пропускаемых частот** измеряется в точках, соответствующих 0,707 тока при резонансе, и определяется формулой

$$f_2 - f_1 = \frac{R}{2\pi L} \qquad (2\text{-}54)$$

или

$$\Delta F = f_2 - f_1 = \frac{f_p}{Q}. \qquad (2\text{-}55)$$

Отношение $\frac{\Delta F}{f_p}$ называется **относительной полосой пропускания** контура и определяется как

$$\frac{\Delta F}{f_p} = \frac{1}{Q} = \delta, \qquad (2\text{-}55а)$$

где δ — **затухание** контура.

Величина Q является мерой **избирательности** контура (остроты настройки). Чем больше величина Q, тем меньше ширина резонансной кривой ΔF и тем больше избирательность контура.

Примеры и задачи.

2-47. Катушка с индуктивностью $L = 2$ *гн*, конденсатор емкостью $C = 16$ *мкф* и сопротивление $R = 600$ *ом* включены последовательно (фиг. 2-16). К цепи приложено напряжение $U = 250$ *в* с частотой $f = 50$ *гц*. Определить ток в цепи, угол сдвига фаз между U и I и мощность, поглощаемую в цепи.

Решение

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}};$$

$$X_L = 2\pi f L = 6{,}28 \cdot 50 \cdot 2 = 628 \text{ ом};$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 50 \cdot 16 \cdot 10^{-6}} = 199 \text{ ом};$$

$$Z = \sqrt{600^2 + (628 - 199)^2} = \sqrt{600^2 + 429^2} = 737{,}1 \text{ ом};$$

$$I = \frac{250}{737{,}1} = 0{,}339 \text{ а};$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{600}{737{,}1} = 0{,}815;$$

$$\varphi = 35°25';$$

$$P = UI\cos\varphi = 250 \cdot 0{,}339 \cdot 0{,}815 = 69 \text{ вт}$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

2-48. Определить падение напряжения на индуктивности, емкости и сопротивлении предыдущей задачи.

Решение

$$U_R = IR = 0{,}339 \cdot 600 = 203 \text{ в};$$

$$U_L = IX_L = 0{,}339 \cdot 628 = 215 \text{ в};$$

$$U_C = IX_C = 0{,}339 \cdot 199 = 67{,}5 \text{ в}.$$

Проверка:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{203^2 + (215 - 67{,}5)^2} =$$

$$= \sqrt{203^2 + 147{,}5^2} = 250 \text{ в}.$$

2-49. Чему равна кажущаяся мощность в задаче 2-47?

Ответ: 84,7 *ва*.

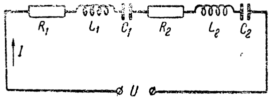
2-50. Ответьте на вопрос: отстает ли ток от напряжения в случае задачи 2-47 или опережает его? Начертите векторную диаграмму для напряжений.

Ответ: Ток отстает от напряжения.

2-51. Если в задаче 2-47 емкость $C = 1$ *мкф*, L и R остаются прежними, то какой сдвиг фаз будет в цепи: положительный или отрицательный? Начертите векторную диаграмму этой цепи.

Ответ: Ток будет опережать напряжение.

2-52. Дана цепь, показанная на фиг. 2-19. Найти ток в этой цепи, угол сдвига фаз и мощность, поглощаемую



Фиг. 2-19.

в цепи. $U = 30$ *в*; $f = 10^6$ *гц*; $R_1 = R_2 = 10$ *ом*; $C_1 = C_2 = 200$ *мкмкф*; $L_1 = 150$ *мкгн*; $L_2 = 100$ *мкгн*.

Ответ: $I = 0{,}83$ *а*;

$\cos\varphi = 0{,}555$; $\varphi \approx 56°$;

$P = 13{,}8$ *вт*.

2-53. Дана последовательная резонансная цепь, в которой $L = 725$ *мкгн*. Чему должна быть равна емкость

конденсатора, чтобы в этой цепи получился резонанс при частотах: а) 500 *кгц*; б) 880 *кгц*; в) 1,6 *мггц*?

Решение

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ или } f^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC},$$

откуда

$$C = \frac{1}{(2\pi)^2 Lf^2};$$

$$\text{а) } C = \frac{1}{(6{,}28)^2 \cdot 725 \cdot 10^{-6} \cdot 500\,000^2} = \frac{1}{39{,}5 \cdot 725 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^{10}} \text{ ф}$$

или

$$C = \frac{10^{12}}{39{,}5 \cdot 725 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^{10}} = \frac{10^{13}}{715 \cdot 10^7} = 140 \text{ мкмкф}.$$

Аналогично:

б) 45 *мкмкф*;
в) 13,7 *мкмкф*.

2-54. Конденсатор переменной емкости с максимальной емкостью в 350 *мкмкф* используется для настройки приемника.

а) Чему должна быть равна индуктивность контура при установке конденсатора на максимальную емкость для настройки контура на частоту 500 *кгц*?

б) Чему будет равна наивысшая частота настройки цепи с найденной индуктивностью, если минимальная емкость конденсатора $C_{мин} = 15$ *мкмкф*?

Ответ: а) 289 *мкгн*; б) 2 416 *кгц*.

2-55. Как напишется формула для резонансной частоты контура, если емкость выразить в микромикрофарадах и индуктивность в микрогенри?

$$\textit{Ответ}: f_p = \frac{1{,}59 \cdot 10^8}{\sqrt{L_{мкгн} C_{мкмкф}}} \text{ гц} = \frac{159}{\sqrt{L_{мкгн} C_{мкмкф}}} \text{ мггц}.$$

2-56. Если резонансная частота выражена в килогерцах, то как напишется формула для индуктивности L (*мгн*), если C дано в микромикрофарадах?

$$\textit{Ответ}: L_{мгн} = \frac{25{,}3 \cdot 10^6}{C_{мкмкф} f^2_{кгц}}.$$

2-57. Если собственная (распределенная) емкость катушки в задаче 2-54 равна 15 *мкмкф*, то в каком

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

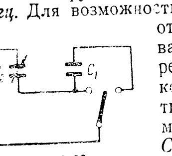
DOCUMENT
№ 03

частотном диапазоне возможна настройка этого контура в резонанс?

Примечание. Собственную емкость катушки нужно рассматривать как емкость, подключенную параллельно емкости конденсатора настройки.

Ответ: 1,71 *мггц*—489 *кгц*.

2-58. Дан контур LC_2 (фиг. 2-20). Наивысшая частота, на которую он может быть настроен, равна 1 750 *кгц*. Для возможности настройки его на частоты от 1 750 *кгц* и выше последовательно с конденсатором переменной емкости C_2 включен конденсатор постоянной емкости C_1. Минимальная и максимальная емкости конденсатора C_2 равны соответственно 350 и 15 *мкмкф*. Индуктивность L катушки равна 290 *мкгн* и ее распределенная емкость C_0 равна 15 *мкмкф*.



Фиг. 2-20.

а) Определить необходимую величину емкости C_1. б) Чему равна наивысшая частота, на которую может быть настроен контур, принимая во внимание распределенную емкость катушки и найденную емкость C_1? в) Чему будет равна наивысшая резонансная частота контура, если пренебречь емкостью C_0, а минимальная емкость конденсатора $C_2 = 10$ *мкмкф*?

Ответ: а) 15,8 *мкмкф*;
б) 1,96 *мггц*;
в) 3,77 *мггц*.

2-59. Последовательный резонансный контур обладает активным сопротивлением $R = 10$ *ом* и индуктивным сопротивлением $X_L = 500$ *ом* при резонансной частоте. а) Какие напряжения получаются на индуктивности, емкости и сопротивлении при настройке этой цепи в резонанс, если приложенное к ней напряжение $U = 5$ *в*? б) Чему равна добротность Q контура? в) Чему равен сдвиг фаз между током и приложенным напряжением? г) Чему равен ток при резонансе? д) Чему равна поглощаемая в цепи мощность?

Решение

а) $U_L = U_C = U \frac{X_L}{R} = 5 \cdot \frac{500}{10} = 250$ *в*; $U_R = U = 5$ *в*;

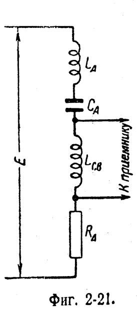
б) $Q = \frac{X_L}{R} = 50$;

в) $\varphi = 0°$;

г) $I_p = \frac{U}{R} = \frac{5}{10} = 0,5$ *а*;

д) $P = I_p^2 R = 0,5^2 \cdot 10 = 2,5$ *вт*.

2-60. Антенная цепь радиоприемника (фиг. 2-21) может быть представлена в виде последовательно включенных индуктивности $L_A = 120$ *мкгн*, емкости $C_A = 100$ *мкмкф* и активного сопротивления $R_A = 15$ *ом*, последовательно с которыми включена катушка связи $L_{св} = 50$ *мкгн* входной цепи приемника. Прием ведется на частоте 1 200 *кгц*. Определить: а) ток в антенне, если индуктируемая в антенне э. д. с. $E = 120$ *мкв*; б) напряжение на катушке связи.



Фиг. 2-21.

Ответ: а) 2,8 *мка*; б) ≈ 1 *мв*.

2-61. Дана цепь из последовательно включенных $L = 106$ *мкгн* и $C = 106$ *мкмкф*. Определить резонансную частоту цепи и построить резонансные кривые в пределах $f_p \pm 30$ *кгц*, предполагая, что приложенное к цепи напряжение равно 500 *мв*. Кривые резонанса построить для двух случаев: а) $R = 5$ *ом* и б) $R = 10$ *ом*.

Ответ: 1 540 *кгц*.

2-62. Определить ширину каждой из резонансных кривых предыдущей задачи.

Ответ: а) $\Delta F = 7,7$ *кгц*; б) $\Delta F = 15,4$ *кгц*.

2-63. На основании ответов задачи 2-61 и 2-62 определить добротность контура в обоих случаях.

Ответ: а) $Q = 200$; б) $Q = 100$.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

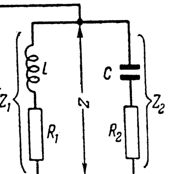
DOCUMENT

№ 03

2-64. Активное сопротивление R резонансной последовательной цепи равно 5 *ом* и индуктивность L равна 225 *мкгн*. а) Чему равна ширина резонансной кривой? б) Если сопротивление цепи увеличить в три раза, то как изменится ширина резонансной кривой?

Ответ: а) 3 540 *гц*. б) Увеличится в три раза.

2-65. Антенна представляет собой последовательный резонансный контур, и для случая одного провода, подвешенного на открытом месте, приблизительно можно считать, что емкость этого контура $C_A' \approx 5$ *мкмкф* на каждый метр длины провода, а индуктивность $L_A' = 2$ *мкгн* на 1 *м* длины. Активное сопротивление антенного контура определяется, главным образом, качеством заземления. Как среднее значение для любительских антенн R_A можно принять равным от 15 до 25 *ом*. Пусть длина антенного провода равна 40 *м*. Найти резонансную частоту такой антенны.



Фиг. 2-22.

Ответ: $f_p = 1\,260$ *кгц*.

2-66. Антенну предыдущей задачи нужно настроить в резонанс на частоту 500 *кгц*. Для этого последовательно в антенну включена катушка $L_{св}$. Чему должна быть равна индуктивность этой катушки?

Ответ: 427 *мкгн*.

2-67. Антенну задачи 2-65 нужно настроить в резонанс на частоту 1 500 *кгц*. Что нужно для этого сделать?

Ответ: Включить последовательно в провод антенны конденсатор емкостью 400 *мкмкф*.

2-68. В антенне задачи 2-66 приходящей радиоволной индуктируется э. д. с. 400 *мкв*. Чему равен ток в антенне при настройке ее в резонанс, если $R_A = 20$ *ом*? Чему равно напряжение на индуктивности $L_{св}$? Какую мощность отдает в антенну приходящая радиоволна?

Ответ: 1) 20 *мка*; 2) 0,017 *в*; 3) 0,008 *мквт*.

Параллельное включение активного, индуктивного и емкостного сопротивлений. Наиболее часто встречаются в практике радиолюбителей параллельные цепи, состоящие из двух ветвей (фиг. 2-22), где Z_1 и Z_2 представляют полные сопротивления этих ветвей.

Эквивалентное полное сопротивление Z этой цепи определится как

$$Z = \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{(R_1+R_2)^2+(X_L-X_C)^2}}. \qquad (2\text{-}56)$$

Ток в первой ветви равен

$$I_1 = \frac{U}{Z_1}. \qquad (2\text{-}57)$$

Ток во второй ветви равен

$$I_2 = \frac{U}{Z_2}. \qquad (2\text{-}58)$$

Ток в неразветвленной цепи равен

$$I = \frac{U}{Z}. \qquad (2\text{-}59)$$

Мощность, поглощаемая в ветвях, равна

$$P_1 = I_1^2 R_1;$$

$$P_2 = I_2^2 R_2, \qquad (2\text{-}60)$$

где R_1 и R_2 — соответственно активные составляющие сопротивлений Z_1 и Z_2.

Полная мощность, поглощаемая в цепи, равна

$$P = P_1 + P_2. \qquad (2\text{-}61)$$

Произведение $IU = P_{ва}$ определяет кажущуюся мощность цепи в вольт-амперах, а частное $\frac{P}{P_{ва}}$ определяет косинус угла сдвига фаз между током I и напряжением U.

Резонанс токов. Для обычных радиотехнических цепей можно считать, что $Z_1 \approx X_L$ и $Z_2 \approx X_C$, и тогда эквивалентное сопротивление

$$Z \approx \frac{X_L \cdot X_C}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}}, \qquad (2\text{-}62)$$

где $R = R_1 + R_2$. Обычно $R_2 \approx 0$, и тогда $R \approx R_1$.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

№03

Если частота напряжения, приложенного к параллельному контуру такова, что $X_L = X_C$, т. е. равна резонансной частоте последовательной цепи из L, R и C, то

$$Z_p = \frac{X_L X_C}{R} = \frac{L}{CR} = \frac{X_L^2}{R} = \frac{X_C^2}{R} = X_L Q = X_C Q, \qquad (2\text{-}63)$$

где Q — добротность контура.

Ток в неразветвленной цепи при настройке в резонанс равен

$$I_p = \frac{U}{Z_p}. \qquad (2\text{-}64)$$

Токи в ветвях определяются как

$$I_L = \frac{U}{Z_1} \approx \frac{U}{X_L} \approx I_C \approx \frac{U}{X_C}. \qquad (2\text{-}65)$$

Ток I_L отстает от напряжения U на угол, определяемый отношением $\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_L}{R_1}$, и так как R_1 намного меньше X_L, то $\varphi \approx 90°$; ток I_C опережает U практически на 90°. Следовательно, I_L и I_C имеют противоположные направления и почти уравновешиваются. Этот случай называют резонансом токов или параллельным резонансом цепи.

Ток в неразветвленной цепи равен геометрической сумме токов I_L и I_C, а следовательно, имеет минимальное значение.

Так как Z_p имеет активный характер, то мощность, поглощаемая в цепи, может быть выражена как

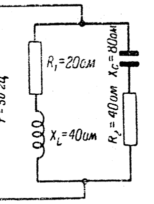
$$P = I_p^2 Z_p. \qquad (2\text{-}66)$$

С другой стороны, эта мощность расходуется в сопротивлении R_1 и поэтому она равна $P = I_L^2 R_1$. Приравнивая друг другу эти выражения, найдем, что

$$I_L \approx I_C = I_p Q, \qquad (2\text{-}67)$$

т. е. ток любой ветви больше тока неразветвленной цепи в Q раз.

Кривая, выражающая зависимость эквивалентного сопротивления Z параллельной цепи от частоты приложенного к ней напряжения с постоянной амплитудой, называется резонансной кривой параллельного контура и имеет вид, аналогичный фиг. 2-18, но по вертикальной оси вместо значений тока I откладываются значения эквивалентного сопротивления Z.



Фиг. 2-23.

Примеры и задачи.

2-69. Дан параллельный контур из двух ветвей (фиг. 2-23).

а) Найти ток, коэффициент мощности, мощность и угол сдвига фаз в каждой ветви.

б) Найти ток, поглощаемую мощность, кажущуюся мощность, коэффициент мощности и угол сдвига фаз для всей цепи.

Решение

а) $Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_L^2} = \sqrt{20^2 + 40^2} = \sqrt{2\,000} = 44{,}7$ *ом*;

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{100}{44{,}7} = 2{,}23 \text{ а};$$

$$P_1 = I_1^2 R_1 = 2{,}23^2 \cdot 20 = 99{,}5 \text{ вт};$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{R_1}{Z_1} = \frac{20}{44{,}7} = 0{,}447;$$

$\varphi_1 = 63{,}5°$ (угол отставания I_L от U);

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_C^2} = \sqrt{40^2 + 80^2} = \sqrt{8\,000} = 89{,}4 \text{ ом};$$

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{100}{89{,}4} = 1{,}12 \text{ а};$$

$$P_2 = I_2^2 R_2 = 1{,}12^2 \cdot 40 = 50 \text{ вт};$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{40}{89{,}4} = 0{,}447;$$

$\varphi_2 = 63{,}5°$ (угол опережения током I_C напряжения U);

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

б) $Z=\dfrac{Z_1Z_2}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}}$;

$$Z_1+Z_2=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}=\sqrt{(R_1+R_2)^2+(X_L-X_C)^2}=$$

$$=\sqrt{(20+40)^2+(40-80)^2}=\sqrt{60^2+(-40)^2}=$$

$$=\sqrt{3\,600+1\,600}=\sqrt{5\,200}=72,1\ ом;$$

$$Z=\frac{44,7\cdot 89,4}{72,1}=55,5\ ом;$$

$$I=\frac{U}{Z}=\frac{100}{55,5}=1,8\ а;$$

$$P=P_1+P_2=99,5+50=149,5\ вт;$$

$$P_{ва}=UI=100\cdot 1,8=180\ ва;$$

$$\cos\varphi=\frac{P}{P_{ва}}=\frac{100}{180}=0,555;$$

$$\varphi=56°\,20'.$$

2-70. Резонансная частота параллельной цепи (фиг. 2-22) равна 1 500 *кгц*. Индуктивное и емкостное сопротивления этой цепи при резонансе равны каждое 1 000 *ом*; активное сопротивление цепи равно 10 *ом*.

а) Чему равно эквивалентное сопротивление цепи при резонансной частоте? б) Чему равно эквивалентное сопротивление при 1 485 *кгц*, если индуктивное сопротивление равно 990 *ом* и емкостное — 1 010 *ом*? Чему равно Q контура?

Ответ: а) $Z_p=100\,000$ *ом*;
б) $Z=44\,718$ *ом*;
в) $Q=100$.

2-71. Если к настроенной в резонанс цепи предыдущей задачи приложено напряжение 100 *в*, то чему равны токи в неразветвленной цепи и в ветвях цепи?

Ответ: $I_p=1$ *ма*;
$I_L=I_C=100$ *ма*.

2-72. Практически изготовленные сопротивления обладают индуктивностью и распределенной емкостью.

Эквивалентная схема такого сопротивления аналогична схеме, показанной на фиг. 2-22, причем можно считать, что $R_2\approx 0$. Если 50-ваттное сопротивление в 2 000 *ом* обладает индуктивностью 3 *мкгн* и распределенной емкостью 2 *мкмкф*, то чему равно его эквивалентное сопротивление при частотах: а) 1 000 *кгц*; б) 60 *мгц*?

Ответ: а) 2 000 *ом*; б) 1 514 *ом*.

2-73. Первичная цепь трансформатора промежуточной частоты, резонансная частота которого равна 460 *кгц*, состоит из параллельно включенных катушки индуктивности и конденсатора, емкость которого может меняться от 70 до 140 *мкмкф*.

а) Чему должна быть равна индуктивность катушки, если контур настраивается в резонанс при емкости 105 *мкмкф*? б) Чему равно Q контура, если активное сопротивление его равно 12 *ом*? в) Чему равно резонансное сопротивление контура? г) Чему равен ток в неразветвленной цепи контура, если напряжение на его зажимах равно 50 *в*? д) Чему равны токи в индуктивной и емкостной ветвях при резонансе?

Ответ: а) 1 140 *мкгн*;
б) 274;
в) 900 000 *ом*;
г) 55,6 *мка*;
д) 15,2 *ма*.

2-74. Параллельный резонансный контур используется в качестве „фильтра-пробки", чтобы заглушить помехи на частоте 1 300 *кгц*. Активное сопротивление контура равно 10 *ом*, а емкость монтажа равна 10 *мкмкф*. а) Чему должна быть равна индуктивность контура, если емкость конденсатора настройки равна 65 *мкмкф*? б) Чему равно Q контура? в) Какова ширина резонансной кривой этого контура?

Ответ: а) 199 *мкгн*;
б) 163;
в) 8 *кгц*.

2-75. Дан контур (задача 2-70, фиг. 2-22). а) Чему будет равно эквивалентное сопротивление этого контура,

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

б) $$Z=\frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}};$$

$$Z_1+Z_2=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}=\sqrt{(R_1+R_2)^2+(X_L-X_C)^2}=$$

$$=\sqrt{(20+40)^2+(40-80)^2}=\sqrt{60^2+(-40)^2}=$$

$$=\sqrt{3\,600+1\,600}=\sqrt{5\,200}=72{,}1\ ом;$$

$$Z=\frac{44{,}7\cdot 89{,}4}{72{,}1}=55{,}5\ ом;$$

$$I=\frac{U}{Z}=\frac{100}{55{,}5}=1{,}8\ а;$$

$$P=P_1+P_2=99{,}5+50=149{,}5\ вт;$$

$$P_{ва}=UI=100\cdot 1{,}8=180\ ва;$$

$$\cos\varphi=\frac{P}{P_{ва}}=\frac{100}{180}=0{,}555;$$

$$\varphi=56°20'.$$

2-70. Резонансная частота параллельной цепи (фиг. 2-22) равна 1 500 *кгц*. Индуктивное и емкостное сопротивления этой цепи при резонансе равны каждое 1 000 *ом*; активное сопротивление цепи равно 10 *ом*.

а) Чему равно эквивалентное сопротивление цепи при резонансной частоте? б) Чему равно эквивалентное сопротивление при 1 485 *кгц*, если индуктивное сопротивление равно 990 *ом* и емкостное — 1 010 *ом*? Чему равно Q контура?

Ответ: а) $Z_p=100\,000$ *ом*;
б) $Z=44\,718$ *ом*;
в) $Q=100$.

2-71. Если к настроенной в резонанс цепи предыдущей задачи приложено напряжение 100 *в*, то чему равны токи в неразветвленной цепи и в ветвях цепи?

Ответ: $I_p=1$ *ма*;
$I_L=I_C=100$ *ма*.

2-72. Практически изготовленные сопротивления обладают индуктивностью и распределенной емкостью. Эквивалентная схема такого сопротивления аналогична схеме, показанной на фиг. 2-22, причем можно считать, что $R_2\approx 0$. Если 50-ваттное сопротивление в 2 000 *ом* обладает индуктивностью 3 *мкгн* и распределенной емкостью 2 *мкмкф*, то чему равно его эквивалентное сопротивление при частотах: а) 1 000 *кгц*; б) 60 *мгц*?

Ответ: а) 2 000 *ом*; б) 1 514 *ом*.

2-73. Первичная цепь трансформатора промежуточной частоты, резонансная частота которого равна 460 *кгц*, состоит из параллельно включенных катушки индуктивности и конденсатора, емкость которого может меняться от 70 до 140 *мкмкф*.

а) Чему должна быть равна индуктивность катушки, если контур настраивается в резонанс при емкости 105 *мкмкф*? б) Чему равно Q контура, если активное сопротивление его равно 12 *ом*? в) Чему равно резонансное сопротивление контура? г) Чему равен ток в неразветвленной цепи контура, если напряжение на его зажимах равно 50 *в*? д) Чему равны токи в индуктивной и емкостной ветвях при резонансе?

Ответ: а) 1 140 *мкгн*;
б) 274;
в) 900 000 *ом*;
г) 55,6 *мка*;
д) 15,2 *ма*.

2-74. Параллельный резонансный контур используется в качестве „фильтра-пробки", чтобы заглушить помехи на частоте 1 300 *кгц*. Активное сопротивление контура равно 10 *ом*, а емкость монтажа равна 10 *мкмкф*. а) Чему должна быть равна индуктивность контура, если емкость конденсатора настройки равна 65 *мкмкф*? б) Чему равно Q контура? в) Какова ширина резонансной кривой этого контура?

Ответ: а) 199 *мкгн*;
б) 163;
в) 8 *кгц*.

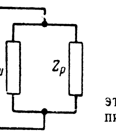
2-75. Дан контур (задача 2-70, фиг. 2-22). а) Чему будет равно эквивалентное сопротивление этого контура,

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

если его шунтировать при настройке в резонанс активным сопротивлением $R_ш = 100\,000$ *ом*? б) Чему будет равна добротность этого шунтированного контура?

Решение. Так как при настройке контура в резонанс его сопротивление $Z_p = 100\,000$ *ом* и является по своему характеру активным сопротивлением, то при шунтировании этого контура сопротивлением $R_ш = 100\,000$ *ом* получается схема, показанная на фиг. 2-24, эквивалентное сопротивление которой



$$R_э = \frac{R_ш Z_p}{R_ш + Z_p} = \frac{100\,000 \cdot 100\,000}{200\,000} = 50\,000 \text{ ом}.$$

Так как настройка контура в резонанс при этом практически не меняется, то можно написать, что

Фиг. 2-24.

$$R_э = X_L Q_э \quad \text{или} \quad Q_э = \frac{R_э}{X_L} = \frac{50\,000}{1\,000} = 50.$$

Такое же уменьшение Q (со 100 до 50) получилось бы, если бы активное сопротивление контура было не 10, а 20 *ом*.

Действительно:

$$Q_э = \frac{X_L}{R}$$

или

$$R = \frac{X_L}{Q_э} = \frac{1\,000}{50} = 20.$$

Из решения задачи следует, что шунтирование контура большим активным сопротивлением $R_ш$ эквивалентно внесению в контур добавочного последовательно включенного сопротивления, определяемого по формуле

$$R_{доб} = \frac{X_L^2}{R_ш} = \frac{X_C^2}{R_ш}.$$

Действительно:

$$R_{доб} = \frac{1\,000^2}{100\,000} = 10 \text{ ом}.$$

Другими словами, шунтирование контура задачи 2-70 сопротивлением в 100 000 *ом* эквивалентно включению в контур добавочного сопротивления $R_{доб} = 20 - 10 = 10$ *ом*.

2-76. Как изменится ширина резонансной кривой контура задачи 2-75 по сравнению с шириной резонансной кривой задачи 2-70?

Ответ: Ширина резонансной кривой увеличится в два раза.

2-77. Каким сопротивлением нужно шунтировать параллельный резонансный контур, резонансное сопротивление Z_p которого равно 150 000 *ом*, чтобы ширина резонансной кривой его увеличилась в полтора раза?

Ответ: 300 000 *ом*.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ
СВЯЗАННЫЕ ЦЕПИ

Общие соотношения в связанных цепях. Две цепи считаются связанными друг с другом, если они обладают одним общим для обеих цепей сопротивлением, которое позволяет осуществить передачу электрической энергии из одной цепи в другую. Это общее сопротивление называется сопротивлением связи $Z_{св}$. В зависимости от рода сопротивления связи различают следующие основные виды связи: гальваническая связь (фиг. 3-1, *а*), связь индуктивная — автотрансформаторная (фиг. 3-1, *б*) или трансформаторная (фиг. 3-1, *в*) и связь емкостная (фиг. 3-1, *г*). Возможны смешанные виды связи, когда сопротивление связи состоит из той или иной комбинации активных и реактивных сопротивлений.

Передача энергии из первичной цепи во вторичную цепь характеризуется коэффициентом связи. С точки зрения передачи энергии из одной цепи в другую различают три вида связи. Если из одной цепи в другую передается максимум энергии на одной частоте, то связь называется критической. Если коэффициент связи больше, чем это необходимо для передачи максимума энергии, связь называется сильной. Если коэффициент связи меньше, чем это необходимо для передачи максимума энергии, связь называется слабой.

Поскольку из первичной цепи во вторичную передается определенное количество энергии, определяемой

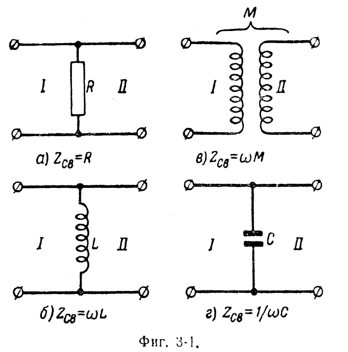
DOCUMENT №03

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

связью между этими цепями, то вторичная цепь оказывает на первичную влияние, которое выражается в изменении как ее активного, так и реактивного сопротив-



Фиг. 3-1.

лений. Численно это влияние определяется коэффициентом трансформации n, который выражается следующей формулой:

$$n=\frac{Z_2}{Z_{св}}, \qquad (3\text{-}1)$$

где $Z_{св}$ — полное сопротивление связи;

Z_2 — полное сопротивление вторичной цепи.

Активное сопротивление первичной цепи всегда увеличивается на величину так называемого добавочного вносимого активного сопротивления

$$R_{вн}=\frac{R_2}{n^2}=\frac{Z_{св}^2}{Z_2^2}R_2, \qquad (3\text{-}2)$$

где R_2 — активное сопротивление вторичной цепи.

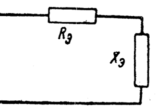
Реактивное сопротивление первичной цепи может уменьшаться или увеличиваться в зависимости от того, какое реактивное сопротивление преобладает во вто-

ричной цепи: индуктивное или емкостное. Это вносимое в первичную цепь реактивное сопротивление численно определяется формулой

$$X_{вн}=\frac{X_2}{n^2}=\frac{Z_{св}^2}{Z_2^2}X_2, \qquad (3\text{-}3)$$

где X_2 — полное реактивное сопротивление вторичной цепи.

При учете влияния вторичной цепи на первичную две связанные цепи могут быть заменены одной эквивалентной цепью, изображенной на фиг. 3-2, для которой полное эквивалентное сопротивление $Z_э$ равно



Фиг. 3-2.

$$Z_э=\sqrt{R_э^2+X_э^2}, \qquad (3\text{-}4а)$$

где

$$R_э=R_1+R_{вн}=R_1+\frac{R_2}{n^2};$$

$$X_э=X_1-X_{вн}=X_1-\frac{X_2}{n^2}, \qquad (3\text{-}4б)$$

если X_2 — индуктивное сопротивление, или

$$X_э=X_1+X_{вн}=X_1+\frac{X_2}{n^2}, \qquad (3\text{-}4в)$$

если X_2 — емкостное сопротивление.

Выражение (3-4б) определяет реактивное сопротивление остаточной результирующей индуктивности двух связанных цепей или результирующей индуктивности рассеяния, которые могут быть представлены как

$$X_{рас}=X_1(1-k^2) \qquad (3\text{-}4г)$$

или

$$L_{рас}=L_1(1-k^2), \qquad (3\text{-}4д)$$

где k — коэффициент связи.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Ток I_1 в эквивалентной первичной цепи равен

$$I_1 = \frac{U}{Z_э}, \qquad (3\text{-}5)$$

где U — напряжение, приложенное к первичной цепи.

Коэффициент мощности эквивалентной первичной цепи равен

$$\cos\varphi_э = \frac{R_э}{Z_э}. \qquad (3\text{-}6)$$

Мощность, поглощаемая в эквивалентной первичной цепи, равна

$$P = UI_1\cos\varphi_э = I_1^2 R_э. \qquad (3\text{-}7)$$

Электродвижущая сила, индуктируемая во вторичной цепи, равна

$$E_2 = I_1 Z_{св}. \qquad (3\text{-}8)$$

Ток во вторичной цепи равен

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2}. \qquad (3\text{-}9а)$$

Мощность, поглощаемая во вторичной цепи, равна

$$P_2 = E_2 I_2 \cos\varphi_2 = \frac{E_2^2}{R_2} = I_2^2 R_2. \qquad (3\text{-}9б)$$

Наиболее частым видом связи является связь индуктивная — трансформаторная (фиг. 3-1, $в$).

Тогда

$$n = \frac{Z_1}{\omega M} = \frac{Z_1}{\omega k\sqrt{L_1 L_2}}, \qquad (3\text{-}10)$$

где k — коэффициент связи, а L_1 и L_2 — индуктивности первичной и вторичной цепей.

Если R_2 намного меньше X_2, что часто бывает на практике, то $Z_2 \approx X_2 = \omega L_2$ и, следовательно,

$$n = \frac{1}{k}\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}. \qquad (3\text{-}11а)$$

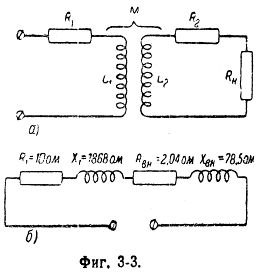
Когда первичная и вторичная обмотки пронизываются одним и тем же магнитным потоком и имеют приблизительно одинаковые размеры, как это бывает в случае трансформаторов с магнитным сердечником, то $k \approx 1$, и индуктивности обмоток относятся друг к другу как квадраты чисел витков их обмоток. Тогда

$$n = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \frac{w_2}{w_1} \qquad (3\text{-}11б)$$

(см. задачу 1-54).

Примеры и задачи.

3-1. Трансформатор (фиг. 3-3, $а$) питается током с частотой 175 *кгц* и имеет следующие данные: $L_1 = 1{,}7$ *мгн* и $R_1 = 10$ *ом*; $L_2 = 3{,}5$ *мгн* и $R_2 = 20$ *ом*. Взаимная индуктивность M между L_1 и L_2 равна 0,5 *мгн*. Вторичная цепь нагружена на активное сопротивление $R_н = 80$ *ом*. а) Чему равен коэффициент трансформации? б) Какие активное и реактивное сопротивления вносятся в первичную цепь вторичной цепью? в) Начертите эквивалентную схему трансформатора. г) Чему равно полное сопротивление эквивалентной цепи? д) Какой ток проходит в первичной цепи, если к ней приложено напряжение 10 *в*? е) Чему равна э. д. с. во вторичной цепи? ж) Какой ток проходит во вторичной цепи? з) Какая мощность поглощается в первичной цепи? и) Какая мощность выделяется в нагрузочном сопротивлении $R_н$? к) Чему равен к. п. д. схемы?



Фиг. 3-3.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

Решение

а) $n = \frac{Z_2}{\omega M} = \frac{\sqrt{(R_2+R_н)^2+(2\pi f L_2)^2}}{2\pi f M} =$

$= \frac{\sqrt{(20+80)^2+(6,28\cdot175\cdot10^3\cdot3,5\cdot10^{-3})^2}}{6,28\cdot175\cdot10^3\cdot0,5\cdot10^{-3}} = \frac{\sqrt{100^2+3\,840^2}}{550} =$

$= \frac{3\,840}{550} = 7.$

б) $R_{вн} = \frac{R_2+R_н}{n^2} = \frac{20+80}{49} = 2,04$ *ом*;

$X_{вн} = \frac{X_2}{n^2} = \frac{2\pi f L_2}{n^2} = \frac{3\,840}{49} = 78,5$ *ом*;

в) см. фиг. 3-3,б;

г) $R_э = R_1 + R_{вн} = 10 + 2,04 = 12,04$ *ом*;

$X_э = X_1 - X_{вн} = 6,28\cdot175\cdot10^3\cdot1,7\cdot10^{-3} - 78,5 =$
$= 1\,868 - 78,5 = 1\,789,5$ *ом*;

$Z_э = \sqrt{R_э^2 + X_э^2} = \sqrt{12,04^2 + 1\,789,5^2} \approx 1\,789$ *ом*;

д) $I_1 = \frac{U}{Z_э} = \frac{10}{1\,789,5} = 5,58$ *ма*;

е) $E_2 = I_1 Z_{св} = I_1\omega M = I_1 2\pi f M = 550\cdot0,00558 = 3,06$ *в*;

) $I_2 = \frac{E_2}{Z_2} = \frac{3,06}{3\,840} = 0,000795$ *а* $= 0,795$ *ма*;

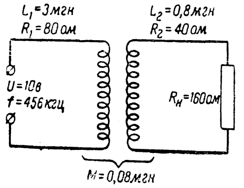
) $P = I_1^2 R_э = 0,00558^2\cdot12,04 = 0,375$ *мвт*;

и) $P_н = I_2^2 R_н = 0,000795^2\cdot80 = 0,051$ *мвт*;

к) $\eta = \frac{P_н}{P} = \frac{0,051}{0,375} = 0,136$, или 13,6%.

3-2. На фиг. 3-4 изображены индуктивно связанные цепи. Значения их элементов указаны на схеме. Найти: а) n; б) $R_{вн}$; в) $X_{вн}$; г) $Z_э$ первичной цепи; д) ток I_1 первичной цепи; е) э. д. с., индуктированную во вторичной цепи; ж) ток I_2 во вторичной цепи.

Ответ: а) 10; б) 2 *ом*; в) 22,9 *ом*; г) 8 577 *ом*; д) 1,14 *ма*; е) 0,27 *в*; ж) 0,117 *ма*.



Фиг. 3-4.

3-3. Пользуясь формулой (3-11а), найти для случая предыдущей задачи коэффициент связи между первичной и вторичной цепями.

Ответ: 0,0516.

3-4. Антенна задачи 2-63 индуктивно связана с контуром детекторного приемника (фиг. 3-5). Коэффициент связи между антенной и контуром $k = 3\%$. Емкость конденсатора настройки приемника $C_2 = 250$ *мкмкф*. Определить: а) необходимую для настройки на частоту 500 *кгц* индуктивность контура приемника; б) какое напряжение подается на зажимы детекторной цепи приемника, если активное сопротивление контура $R_2 = 15$ *ом*, а сопротивление детекторной цепи $R_д = 10\,000$ *ом*. Индуктируемая в антенне приходящей волной э. д. с. равна 400 *мкв*.

Решение

а) $L_2 = \frac{25,3\cdot10^6}{f_p^2 C_2} = \frac{25\,300}{0,5^2\cdot250} = 405$ *мкгн*.

б) Напряжение, подаваемое на детекторную цепь, равно напряжению U_C на конденсаторе C_2, которое, в свою очередь, равно $U_C = E_2 Q_2$, где E_2 — э. д. с., индуктируемая антенной в контуре; Q_2 — добротность контура, равная $Q_2 = \frac{\omega L_2}{R_к}$. Так как контур шунтируется сопротивлением детекторной цепи, то $R_к = R_2 + R_{вн}$, где $R_{вн} = \frac{X_C^2}{R_д}$ (см. решение задачи 2-75).

$$R_{вн} = \frac{\left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2}{R_д} = \frac{1}{(6,28\cdot5\cdot10^5\cdot250\cdot10^{-12})^2\cdot10^4} = \frac{1\,270}{10^4} = 162 \text{ ом}.$$

Следовательно,

$R_к = 15 + 162 = 177$ *ом*. $\quad Q_2 = \frac{6,28\cdot5\cdot10^5\cdot405\cdot10^{-6}}{177} = 7,2.$

(ср. с Q_2' контура без шунтирующей его детекторной цепи). Для определения E_2 нужно найти сначала ток I_A в антенне:

$$I_A = \frac{E_A}{R_{АП}},$$

где $R_{АП}$ — полное сопротивление антенны, состоящее из $R_A = 20$ *ом* и $R'_{вн}$ — сопротивления, вносимого в антенну контуром

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

$R'_{вн} = \frac{\omega^2 M^2}{R_к}$. Так как коэффициент связи между контуром и антенной задан ($k = 0{,}03$), то $M = k\sqrt{L_2 L_{АП}}$, где $L_{АП} = L_A + L_{св}$; $L_A = 40 \cdot 2 = 80$ *мкгн* и $L_{АП} = 80 + 427 = 507$ *мкгн*. Следовательно,

$$M = 0{,}03\sqrt{405 \cdot 507} = 0{,}3 \cdot 453 = 13{,}6 \text{ мкгн}.$$

Тогда

$$\omega M = 6{,}28 \cdot 5 \cdot 10^5 \cdot 13{,}6 \cdot 10^{-6} = 42{,}7 \text{ ом}$$

и

$$R'_{вн} = \frac{42{,}7^2}{177} = 10{,}3 \text{ ом}.$$

$$R_{АП} = 20 + 10{,}3 = 30{,}3 \text{ ом}.$$

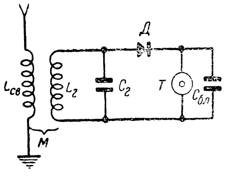
Ток в антенне $I_A = \frac{E_A}{R_{АП}} = \frac{400}{30{,}3} = 13{,}2$ *мка*.

$$E_2 = \omega M I_A = 42{,}7 \cdot 13{,}2 = 560 \text{ мкв}.$$

Напряжение на зажимах детекторной цепи равно

$$U_C = E_2 Q_2 = 560 \cdot 7{,}2 \approx 4\,000 \text{ мкв} = 4 \text{ мв}.$$

3-5. Рассчитать детекторный приемник по схеме **фиг. 3-5** для приема радиоволн с частотой 200 *кгц*, если длина антенны — 25 *м*, сопротивление заземления — 10 *ом*. Емкость конденсатора настройки вторичного контура равна 450 *мкмкф*. Определить напряжение на зажимах детекторной цепи приемника, если в антенне индуктируется э. д. с. 500 *мкв*, коэффициент связи между антенной и контуром L_2C_2 $k = 2\%$, сопротивление контура $R_2 = 15$ *ом* и сопротивление детекторной цепи равно 17 700 *ом*.



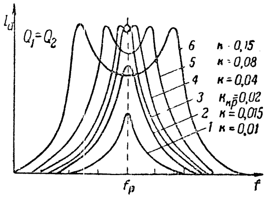
Фиг. 3-5.

Ответ: $U_C = 9{,}45$ *мв*.

3-6. Рассчитать индуктивность L_2 детекторного приемника по схеме фиг. 3-5 для приема сигналов с частотой 200 *кгц*, если длина антенны — 25 *м*, сопротивление заземления — 10 *ом*, индуктивность антенной катушки $L_{св} = 5\,000$ *мкгн*, емкость конденсатора настройки вторичного контура — 450 *мкмкф*, коэффициент связи между антенной и контуром L_2C_2 $k = 2\%$, сопротивление контура $R_к = 45$ *ом*, сопротивление детекторной цепи $R_д = 17\,500$ *ом*. Определить напряжение, подводимое к детекторной цепи приемника, если в антенне индуктируется э. д. с. 500 *мкв*.

Ответ: $L_2 = 1\,400$ *мкгн*;
$U_C \approx 1{,}5$ *мв*.

Резонансные кривые связанных цепей. Резонансные кривые связанных цепей показывают изменения тока в первичной и вторичной цепях в зависимости от частоты подводимого к первичной цепи напряжения при постоянной его амплитуде и неизменной настройке цепей. Форма резонансных кривых связанных цепей зависит от коэффициента связи между контурами и добротностей контуров. Наибольший интерес представляют кривые резонанса для тока во вторичной цепи. При данных контурах, имеющих добротности Q_1 и Q_2, при увеличении связи ток во вторичной цепи возрастает и достигает максимального значения при критической связи, определяемой формулой



Фиг. 3-6.

$$k_{кр} = \frac{1}{\sqrt{Q_1 Q_2}}. \qquad (3\text{-}12)$$

После превышения критической связи в резонансных кривых вторичного тока появляется провал на резонансной частоте — резонансная кривая становится двугорбой (фиг. 3-6). При соответствующих величинах k и Q контуров можно получить кривую резонанса с плоской вершиной или небольшим провалом и тем самым обеспечить относительно равномерное воспроизведение некоторой полосы частот. На практике подобные устройства называют **полосовыми фильтрами**. Ширина вершины резонансной кривой двух связанных контуров определяется главным образом коэффициентом связи между контурами, а прямолинейность этой вершины зависит в основном от Q контуров: большие величины

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

связи соответствуют широким вершинам; большие Q дают два ясно выраженных максимума, а малые Q вызывают закругление вершины.

Для приближенного подсчета в случае приблизительно одинаковых Q_1 и Q_2, что обычно и бывает на практике, можно пользоваться следующим правилом: достаточно плоская вершина резонансной кривой для двух связанных контуров с одинаковыми резонансными частотами f_p может быть обеспечена для полосы частот $\Delta F_{св}$ приблизительно равной

$$\Delta F_{св} \approx 1{,}2kf_p, \tag{3-13}$$

где k — фактический коэффициент связи между этими контурами, который в этом случае должен браться равным

$$k = 1{,}75k_{кр} = \frac{1{,}75}{\sqrt{Q_1Q_2}}. \tag{3-14}$$

Если $Q_1 = Q_2 = Q$, т. е. контуры одинаковы, то $k = 1{,}75k_{кр} = \frac{1{,}75}{Q}$, и тогда

$$\Delta F_{св} \approx 2{,}1\frac{f_p}{Q} = 2{,}1\Delta F, \tag{3-15а}$$

т. е. ширина полосы пропускания в этом случае в 2,1 раза больше полосы пропускания ΔF одиночного контура с таким же Q. Если связь между контурами с одинаковыми f_p и Q равна критической связи $(k = k_{кр})$, то

$$\Delta F_{св} \approx 1{,}41\frac{f_p}{Q} = 1{,}41\ \Delta F, \tag{3-15б}$$

т. е. в этом случае ширина полосы пропускания только на 40% больше ширины полосы пропускания одиночного контура.

Когда связь между контурами с одинаковыми f_p и Q равна $k \approx 0{,}67k_{кр}$, то

$$\Delta F_{св} \approx \Delta F, \tag{3-15в}$$

т. е. система связанных контуров в этом случае пропускает такую же полосу, как и одиночные контуры, составляющие эту систему.

При дальнейшем уменьшении связи система связанных контуров будет действовать в роли полосового фильтра хуже, чем одиночный контур.

Примеры и задачи.

3-7. Чему равна ширина полосы частот, пропускаемой полосовым фильтром, работающим при резонансной частоте $f_p = 456$ *кгц* и при $k = 0{,}02$, если $k = 1{,}75\ k_{кр}$ и $Q_1 = Q_2$?

Ответ: 11 000 *гц*.

3-8. Полосовой фильтр настроен на резонансную частоту 456 *кгц*. Если $k = 1{,}75\ k_{кр}$, то чему должны быть равны $Q_1 = Q_2$, чтобы фильтр пропускал полосу частот $\Delta F_{св} = 8$ *кгц*?

Решение. Находим $k = \frac{\Delta F_{св}}{1{,}2f_p} = \frac{8}{456 \cdot 1{,}2} = 0{,}0146$;

$$Q_1 = Q_2 = Q = \frac{1{,}75}{0{,}0146} = 120.$$

3-9. а) Чему равна ширина полосы пропускания полосового фильтра, работающего на частоте 260 *кгц* и при коэффициенте связи $k = 0{,}03$, если $k_{кр} = 0{,}017$? б) Если $Q_1 = Q_2$, то чему равны их численные значения? в) Чему будет равна $\Delta F_{св}$, если добротность контуров уменьшить в 1,5 раза и коэффициент связи взять равным $k = 0{,}045$?

Ответ: а) 9,4 *кгц*; б) 58,5; в) 14 *кгц*.

3-10. Полосовой фильтр в усилителе промежуточной частоты должен пропускать полосу частот 10 *кгц*. Q контуров равны $Q_1 = Q_2 = Q = 40$ и $k = 1{,}75\ k_{кр}$. а) Чему равен коэффициент связи? б) Чему равны пределы частот, пропускаемых фильтром? в) Чему должны быть равны емкости конденсаторов фильтра, если индуктивность в каждом контуре равна 6 *мгн*? г) Чему равны активные сопротивления контуров?

Ответ: а) 0,0437; б) 185 и 195 *кгц*;

в) 117 *мкмкф*; г) 180 *ом*.

3-11. Если электрически связать два контура задачи 2-61 (для $R = 5$ *ом*), то чему будет равна ширина полосы пропускания такой системы при связи между контурами: а) $k = 0{,}0335$; б) $k = 0{,}005$; в) $k = 0{,}00875$?

Ответ: а) 7,7 *кгц*; б) 10,85 *кгц*; в) 16,1 *кгц*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Связанные цепи с коэффициентом связи $k \approx 1$ (трансформатор с ферромагнитным сердечником). При $k \approx 1$ на основании формул (1-19), (1-34) и (3-11б) получаем:

$$\frac{E_2}{E_1}=\frac{w_2}{w_1}=n \text{ или } E_2=\frac{w_2}{w_1}E_1=nE_1, \qquad (3\text{-}16)$$

т. е. отношение э. д. с. (или приближенно отношение напряжений) в обмотках трансформатора с магнитным сердечником равно коэффициенту трансформации или обратной его величине.

Задачи и примеры.

3-12. Коэффициент трансформации повышающего трансформатора равен двум. К первичной обмотке приложено напряжение 10 *в*. Чему равно напряжение на вторичной обмотке?

Ответ: 20 *в*.

3-13. Первичная обмотка трансформатора имеет 1 200 витков и к ней приложено напряжение 220 *в*. Сколько витков должно быть во вторичной обмотке, если на ней нужно получить напряжение 6,3 *в*?

Ответ: 34 витка.

3-14. Повышающий трансформатор с коэффициентом трансформации $n=5$ отдает в нагрузочное сопротивление мощность 5 *вт* при напряжении 30 *в*. Чему равен ток в первичной цепи?

Решение. Полагая, что к. п. д. трансформатора равен 100%, т. е. что вся мощность, получаемая первичной обмоткой от сети, передается во вторичную обмотку (что очень близко к действительности), можем написать:

ток в первичной цепи × напряжение в первичной цепи = = току во вторичной цепи × напряжение во вторичной цепи, т. е.

$$I_1U_1=I_2U_2;$$

откуда

$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{U_2}{U_1}=n$$

или

$$I_1=I_2n=5I_2.$$

Так как

$$I_2=\frac{P_2}{U_2},$$

то

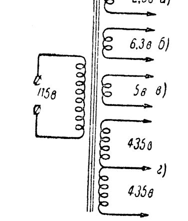
$$I_1=\frac{5\cdot 5}{30}=\frac{5}{6}\ a=0{,}83a.$$

3-15. Необходимо обеспечить накал пятилампового приемника: 6,3 *в* и 0,3 *а* для каждой лампы. Нити накала ламп включены все параллельно. Трансформатор включен в сеть 220 *в*. Определить необходимый коэффициент трансформации и ток, который будет проходить через первичную обмотку трансформатора.

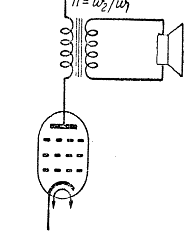
Ответ: $n=1:35$ (понижающий трансформатор); $I_1=43$ *ма*.

3-16. Показанный на фиг. 3-7 трансформатор имеет в первичной обмотке 460 витков. Сколько витков содержит каждая из вторичных обмоток?

Ответ: а) 10 витков; б) 25 витков; в) 20 витков; г) 3 480 витков.



Фиг. 3-7.



Фиг. 3-8.

3-17. Оконечная лампа приемника требует оптимального нагрузочного сопротивления $R_{опт}=2\,500$ *ом*. К этой лампе подключена через трансформатор (фиг. 3-8) звуковая катушка динамического громкоговорителя, активное сопротивление которой $R_{зк}=4$ *ом*. Чему должен быть равен коэффициент трансформации выходного трансформатора?

Решение. Согласно формуле (3-2) получаем

$$n=\sqrt{\frac{R_2}{R_{вн}}}=\sqrt{\frac{R_{зк}}{R_{опт}}}=\sqrt{\frac{4}{2\,500}}=1:25.$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№03

3-18. Определить нагрузочное сопротивление лампы, работающей через трансформатор с $n = 1:23$ на громкоговоритель, активное сопротивление звуковой катушки которого равно 8 *ом*.

Ответ: 4 232 *ом*.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ
УСИЛИТЕЛИ

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП

Экономичность катода. Экономичность катода определяется формулой

$$H = \frac{I_e}{P_н}, \qquad (4\text{-}1)$$

где H — *ма/вт*;
I_e — ток эмиссии, *ма*;
$P_н$ — мощность, расходуемая на нагревание катода, *вт*.

Примеры и задачи.

4-1. Определить экономичность катода лампы 6С4Б (6Ф5).

Решение. Мощность накала лампы 6Ф5 $P_н = 6{,}3\ в \cdot 0{,}3\ а = 1{,}89\ вт$ и ток эмиссии $I_e = 35$ *ма*. Согласно формуле (4-1)

$$H = \frac{35}{1{,}89} = 18{,}5\ ма/вт.$$

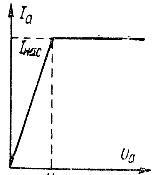
4-2. Экономичность катода лампы 6С5Б (6С5) равна 31,8 *ма/вт*, а нормальная мощность накала — 1,89 *вт*. Определить ток эмиссии.

Ответ: 60 *ма*.

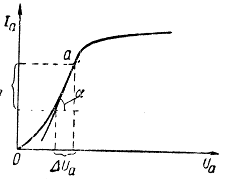
Статические характеристики и параметры электронных ламп. Средняя крутизна вольтамперной характеристики двухэлектродной лампы (диода) определяется как

$$S_{ср} = \frac{I_{нас}}{U_{нас}}, \qquad (4\text{-}2)$$

где $S_{ср}$ — средняя крутизна, *ма/в*;
$I_{нас}$ — ток насыщения, *ма*;
$U_{нас}$ — напряжение насыщения, *в* (фиг. 4-1).



Фиг. 4-1.



Фиг. 4-2.

Крутизна на малом участке вольтамперной характеристики диода (фиг. 4-2) определяется как

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a}, \qquad (4\text{-}3)$$

где S — крутизна, *ма/в*;
ΔU_a — изменение напряжения на аноде, *в*;
ΔI_a — соответствующее изменение анодного тока, *ма*.

Внутреннее сопротивление диода переменному току определяется как

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{1}{S}\ ом. \qquad (4\text{-}4)$$

Сопротивление диода постоянному току определяется формулой

$$R_{i\,пост} = \frac{U_a}{I_a}\ ом. \qquad (4\text{-}5)$$

Между R_i и $R_{i\,пост}$ диода существует соотношение

$$R_{i\,пост} \approx 1{,}5\ R_i \text{ или } R_i \approx 0{,}66\ R_{i\,пост}. \qquad (4\text{-}6)$$

Совместное действие напряжений на аноде и на сетке трехэлектродной лампы может быть заменено действием одного так называемого результирую-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

щего напряжения, приложенного к сетке и определяемого по формуле

$$U_{рез} = U_c + DU_a, \quad (4\text{-}7а)$$

где U_c — сеточное напряжение, *в*;
U_a — анодное напряжение триода, *в*;
D — проницаемость лампы.

Напряжение сетки, при котором анодный ток равен нулю, называемое напряжением отсечки, определяется по формуле

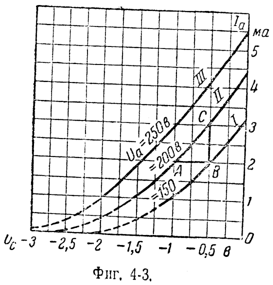
$$U_{c\,отс} = -DU_a. \quad (4\text{-}7б)$$

Проницаемость лампы определяется (фиг. 4-3) как

$$D = -\frac{\Delta U_c}{\Delta U_a} = -\frac{AB}{U_{a\,II} - U_{a\,I}} \quad (4\text{-}8)$$

при условии, что I_a остается неизменным, или

$$D\% = 100 \cdot \frac{\Delta U_c}{\Delta U_a}.$$



Фиг. 4-3.

Коэффициент усиления лампы определяется как

$$\mu = \frac{1}{D}. \quad (4\text{-}9)$$

Крутизна характеристики триода определяется как

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} = \frac{BC}{AB} \text{ при } U_a \text{ постоянном (фиг. 4-3).} \quad (4\text{-}10)$$

Внутреннее сопротивление триода определяется как

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{U_{a\,II} - U_{a\,I}}{BC} \quad (4\text{-}11)$$

при U_c постоянном (фиг. 4-3) и является сопротивлением лампы переменному току.

Сопротивление триода постоянному току определяется как

$$R_{i\,пост} = \frac{U_a}{I_a}. \quad (4\text{-}12)$$

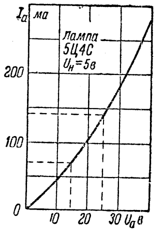
Между крутизной, проницаемостью и внутренним сопротивлением триода существует соотношение

$$SDR_i = 1, \quad (4\text{-}13)$$

где S выражена в *а/в* и R_i в *ом*,

или

$$SR_i = \mu. \quad (4\text{-}14)$$



Фиг. 4-4.

Примеры и задачи.

4-3. Определить параметры кенотрона 5ВХ1 (5Ц4-С) в прямолинейной части характеристики (фиг. 4-4).

Решение. Определяем напряжения и токи в двух точках прямолинейной части характеристики, например:

$U_{a1} = 15$ *в*; $U_{a2} = 25$ *в*; $I_{a1} = 70$ *ма*; $I_{a2} = 140$ *ма*,

тогда

$$S = \frac{140 - 70}{25 - 15} = 7 \text{ ма/в};$$

$$R_i = \frac{1}{S} = \frac{1}{7 \cdot 10^{-3}} = 143 \text{ ом};$$

$$R_{i\,пост} = 1{,}5R_i = 214 \text{ ом}.$$

4-4. Крутизна характеристики диода 6Х6Б (6Х6) на некотором участке равна 2 *ма/в*. Определить внутренние сопротивления R_i и $R_{i\,пост}$ диода.

Ответ: $R_i = 500$ *ом*; $R_{i\,пост} = 750$ *ом*.

4-5. Проницаемость триода $D = 6\%$, результирующее напряжение на сетке $U_{рез} = 10{,}4$ *в* при напряжении сетки $U_c = -4$ *в*. Определить: а) анодное напряжение U_a; б) напряжение $U_{c\,отс}$, при котором $I_a = 0$.

Решение.

а) $U_a = \frac{U_{рез} - U_c}{D} = \frac{10{,}4 + 4}{0{,}06} = 240$ *в*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Напряжение смещения, при котором лампа запирается,

б) $U_{c\,отс} = -DU_a = -0{,}06 \cdot 240 = -14{,}4$ *в*.

4-6. Для прямолинейного участка сеточной характеристики триода получены следующие данные (фиг. 4-3):

если $U_a = 150$ *в*, то $I_a = 2$ *ма* при $U_c = -0{,}5$ *в*;

если $U_a = 200$ *в*, то $I_a = 3$ *ма* при $U_c = -0{,}5$ *в* и

$I_a = 2$ *ма* при $U_c = -1$ *в*.

Определить крутизну S, внутреннее сопротивление R_i, сопротивление лампы постоянному току $R_{i\,пост}$, проницаемость D и коэффициент усиления μ лампы.

Ответ: $S = 2$ *ма/в*; $R_i = 50\,000$ *ом*; $R_{i\,пост}$ различно, например $R_{i\,пост} = 75\,000$ *ом* для точки B, $R_{i\,пост} = 67\,000$ *ом* для точки C, $R_{i\,пост} = 50\,000$ *ом* для точки A; $D = 0{,}01 = 1\%$; $\mu = 100$.

4-7. Определить R_i триода 6С6 (6В4), если в рабочей точке крутизна равна 5,25 *ма/в*, а коэффициент усиления равен 4,2.

Ответ: $R_i = 800$ *ом*.

4-8. Тетрод 6П3 (6Л6) имеет в рабочей точке крутизну $S = 6$ *ма/в* и внутреннее сопротивление $R_i = 22\,500$ *ом*. Определить коэффициент усиления.

Ответ: $\mu = 135$.

4-9. Пентод 6Ж14Б (6АС7) имеет в рабочей точке коэффициент усиления $\mu = 6\,750$ и внутреннее сопротивление $R_i = 750\,000$ *ом*. Найти крутизну характеристики в этой точке.

Ответ: $S = 9$ *ма/в*.

Динамические характеристики и параметры электронных ламп. Если анодный источник подключен непосредственно к аноду и катоду усилительной лампы, то сеточные и анодные характеристики лампы представляют собой статические характеристики, а напряжение на аноде лампы равно напряжению источника тока.

Примечание. В дальнейшем для токов и напряжений в ламповых цепях приняты следующие обозначения:

U_0 — постоянное напряжение;

I_0 — постоянный ток;

$U_б$ — напряжение анодного источника;

u — мгновенное значение напряжения;

U — амплитуда переменного напряжения;

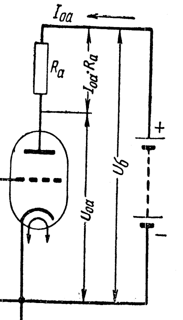
i — мгновенное значение тока;

I — амплитуда переменного тока.

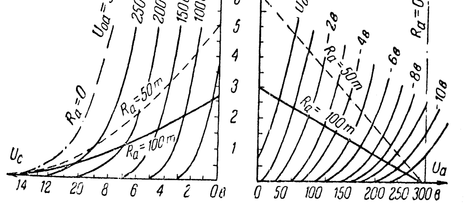
Когда в анодную цепь усилительной лампы включено активное сопротивление R_a (фиг. 4-5), то напряжение на аноде лампы равно

$$U_{0a} = U_б - I_{0a}R_a. \quad (4\text{-}15)$$

В этом случае изменение анодного тока происходит не по статическим, а по так называемым **динамическим** характеристикам (фиг. 4-6). Динамические сеточные характеристики (фиг. 4-6,*а*) могут быть построены по уравнению (4-15) или по динамическим анодным характеристикам. Для этого, пользуясь семейством статических анодных характеристик, необходимо построить динамические анодные характеристики при различных значениях анодного нагрузочного сопротивления.



Фиг. 4-5.



Фиг. 4-6.

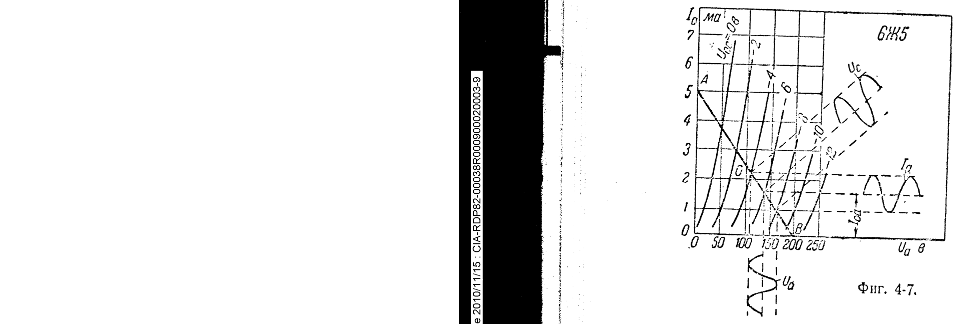
Динамические анодные характеристики (фиг. 4-6,*б*) представляют прямые линии и могут быть пост-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

роены, если известны величины анодного нагрузочного сопротивления R_a и напряжения анодного источника тока $U_б$. Для построения на оси U_a откладывается величина $U_б$, а на оси I_a — величина $\frac{U_б}{R_a}$, и через полученные точки проводится прямая линия, которая и будет являться динамической характеристикой для данного значения R_a.



Фиг. 4-7.

Если к сетке лампы, кроме постоянного напряжения U_{0c}, приложено переменное синусоидальное напряжение $u_c = U_c \sin \omega t$ (фиг. 4-7), то при отсутствии анодного нагрузочного сопротивления ($R_a = 0$), $i_a = Su_c$, где S — статическая крутизна характеристики. Амплитуда анодного тока равна

$$I_a = SU_c, \tag{4-16}$$

где U_c — амплитуда переменного напряжения на сетке.

Если в анодную цепь лампы включено активное нагрузочное сопротивление R_a, то амплитуда переменной составляющей анодного напряжения

$$U_a = I_a R_a. \tag{4-17}$$

Амплитуда переменной составляющей результирующего сеточного напряжения равна

$$U_{c\,рез} = U_c - \frac{U_a}{\mu}, \tag{4-18}$$

где μ — ко ффициент усиления (статический).

Амплитуда анодного тока равна

$$I_a = \frac{\mu U_c}{R_i + R_a}, \tag{4-19}$$

где R_i — внутреннее сопротивление лампы переменному току.

Динамический коэффициент усиления лампы или коэффициент усиления каскада равен

$$K = \frac{U_a}{U_c} = \frac{\mu}{1 + \frac{R_i}{R_a}} = \frac{\mu R_a}{R_i + R_a}. \tag{4-20}$$

В случае, когда анодное нагрузочное сопротивление не является чисто активным, его обозначают Z_a и складывают с R_i геометрически.

Каждая усилительная лампа при работе в прямолинейной части характеристики может быть заменена эквивалентным генератором переменного тока с э. д. с. μU_c и внутренним сопротивлением R_i, включенным последовательно с нагрузочным сопротивлением R_a.

Амплитуда переменной составляющей анодного тока вычисляется по формуле (4-19), которая может быть также представлена в виде

$$I_a = S_д U_c, \tag{4-21}$$

где $S_д$ — динамическая крутизна характеристики, равная

$$S_д = \frac{R_i S}{R_i + R_a}. \tag{4-22}$$

Наибольший возможный коэффициент усиления каскада [как следует из формулы (4-20), если R_a во много раз больше внутреннего сопротивления лампы R_i] $K = \mu$, т. е. равен статическому коэффициенту усиления лампы.

Коэффициент усиления каскада с триодом не увеличивается значительно, если R_a будет выбрано больше, чем $4R_i$.

Для многоэлектродных ламп обычно берут R_a намного меньше, чем R_i. В этом случае коэффициент усиления каскада может быть подсчитан приближенно по формуле

$$K \approx SR_a, \tag{4-22a}$$

где S — статическая крутизна лампы.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Примеры и задачи.

4-10. Анодная цепь усилительной лампы нагружена омическим сопротивлением $R_a = 0{,}25$ *мгом*. Чему должно быть равно напряжение анодного источника, чтобы анодное напряжение U_{0a} при анодном токе $I_{0a} = 0{,}5$ *ма* равнялось 150 *в*?

Решение.

$$U_б = U_{0a} + I_{0a}R_a = 150 + 0{,}0005 \cdot 250\,000 = 150 + 125 = 275 \text{ в}.$$

4-11. Анодное нагрузочное сопротивление усилительной лампы $R_a = 10\,000$ *ом*. Напряжение выпрямителя $U_б = 250$ *в*. Построить анодную динамическую характеристику.

Решение. Начальная точка характеристики ($I_a = 0$) лежит на оси U_a в точке, соответствующей 250 *в*. Конечная точка характеристики ($U_a = 0$) лежит на оси I_a в точке, определяемой по величине анодного тока из формулы (4-15):

$$I_a = \frac{250}{10\,000} \; 0{,}025 \; a = 25 \text{ ма}.$$

Характеристика имеет вид, указанный на фиг. 4-8.

4-12. Динамическая характеристика усилительной лампы, нагруженной анодным сопротивлением R_a, пересекает ось I_a в точке, соответствующей 2 *ма*. Определить R_a, если напряжение анодной батареи $U_б = 250$ *в*.

Фиг. 4-8.

Ответ:

$$R_a = 125\,000 \text{ ом}.$$

4-13. В анодной цепи трехэлектродной лампы включено сопротивление 0,2 *мгом*. Напряжение выпрямителя — 300 *в*, анодный ток покоя равен 0,8 *ма*. Определить: а) начальное анодное напряжение; б) амплитуду переменной составляющей анодного напряжения, если переменная составляющая анодного тока равна 0,4 *ма*.

Ответ: а) 140 *в*; б) 80 *в*.

4-14. Оконечная лампа нагружена на чисто индуктивное сопротивление в 2 500 *ом*; напряжение выпрямителя — 250 *в*, анодный ток покоя равен 60 *ма*. Определить: а) постоянную составляющую анодного напряжения; б) амплитуду переменной составляющей анодного тока, если амплитуда переменной составляющей анодного напряжения равна 125 *в*; в) максимальное и минимальное значения анодного тока.

Решение. а) Постоянная составляющая анодного напряжения равна напряжению выпрямителя, т. е. 250 *в*, так как в анодную цепь включено чисто индуктивное сопротивление, на котором падение постоянного напряжения отсутствует. б) Амплитуда переменной составляющей анодного тока равна $\frac{125}{25\,000} = 0{,}05 \; a = 50$ *ма*; в) максимальное значение анодного тока равно $60 + 50 = 110$ *ма*, и минимальное значение анодного тока равно $60 - 50 = 10$ *ма*.

4-15. Оконечный пентод имеет в рабочей точке крутизну 9,5 *ма/в* и внутреннее сопротивление 50 000 *ом*. Определить: а) динамическую крутизну при индуктивном нагрузочном сопротивлении 7 000 *ом*; б) амплитуду переменной составляющей анодного тока, если к сетке лампы подведено переменное напряжение с амплитудой 4 *в*; в) амплитуду переменного напряжения в анодной цепи лампы.

Ответ: а) 9,4 *ма/в*; б) 37,6 *ма*; в) 264 *в*.

4-16. Усилительная лампа имеет в рабочей точке внутреннее сопротивление 12 000 *ом* и коэффициент усиления 30 и нагружена на чистую индуктивность 50 *гн*. Определить: а) коэффициент усиления при частоте 800 *гц*; б) статическую крутизну в рабочей точке; в) динамическую крутизну.

Решение

$$Z_a = X_a = \omega L = 6{,}28 \cdot 800 \cdot 50 \approx 5\,000 \cdot 50 = 250\,000 \text{ ом}.$$

По формуле (4-20) с учетом необходимости геометрического сложения R_i и X_a получаем

$$K = \frac{30 \cdot 250\,000}{\sqrt{12\,000^2 + 250\,000^2}} \approx 30.$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№03

Далее из формулы (4-14) следует

$$S=\frac{\mu}{R_i}=\frac{30}{12\,000}=0{,}0025\ a/в=2{,}5\ ма/в.$$

Наконец, согласно формуле (4-22) — опять-таки с учетом геометрического сложения — получим

$$S_д=\frac{2{,}5\cdot 12\,000}{25\,000}=0{,}12\ ма/в.$$

Так как значение Z_a зависит от частоты f, то вычисленные значения K и $S_д$ верны только для данной частоты $f=800$ *гц*.

4-17. Лампа 6С2 (6Ж5) имеет в рабочей точке коэффициент усиления $\mu=20$ и внутреннее сопротивление $R_i=7\,000$ *ом*. Определить: а) величину сопротивления нагрузки, при которой получается восьмикратное усиление напряжения; б) динамическую крутизну.

Ответ: а) 5 130 *ом*; б) 61,56 *ма/в*.

4-18. Пентод 6К7Б (6К7) имеет в рабочей точке статическую крутизну $S=1{,}45$ *ма/в* и внутреннее сопротивление $R_i=82700$ *ом*. Определить: а) статический коэффициент усиления; б) коэффициент усиления каскада, если в анодную цепь лампы включен настроенный в резонанс контур, имеющий индуктивность $L=0{,}1$ *мгн*, емкость $C=44$ *мкмкф* и сопротивление потерь $R=20$ *ом*.

Ответ: а) 1200; б) 145.

2. ОБЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ УСИЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Коэффициент усиления усилительного устройства, состоящего из нескольких каскадов (или нескольких усилителей), определяется по формуле

$$K=\frac{U_{вых}}{U_{вх}}=K_1\cdot K_2\cdot K_3\ldots K_n, \qquad (4\text{-}23)$$

где K_1, K_2, K_3 и т. д. — коэффициенты усиления первого, второго, третьего и т. д. каскадов (усилителей).

Примеры и задачи.

4-19. С кристаллического детектора на вход двухкаскадного усилителя низкой частоты подается напряжение 0,05 *в*. Коэффициент усиления каждого каскада равен 15. Усиленное напряжение подается на оконечный усилитель, коэффициент усиления которого равен трем. Определить общий коэффициент усиления и напряжение на выходе последнего каскада.

Решение. $K=K_1\cdot K_2\cdot K_3=15\cdot 15\cdot 3=675$; $U_{вых}=KU_{вх}=675\cdot 0{,}05=33{,}75$ *в*.

4-19а. Полный коэффициент усиления усилительного устройства $K=1\,000$. Определить: а) входное напряжение усилителя, если выходное напряжение равно 10 *в*.

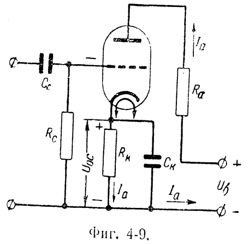
Ответ: $U_{вх}=0{,}01$ *в* $=10$ *мв*.

3. УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Усилитель низкой частоты на сопротивлениях. Для средней частоты коэффициент усиления усилительного каскада на сопротивлениях (фиг. 4-9) равен

$$K=\frac{\mu R_a}{R_i+R_a}=$$

$$=\frac{\mu}{1+\frac{R_i}{R_a}}=S_д R_a. \qquad (4\text{-}24)$$



Фиг. 4-9.

Сопротивление $R_к$, включенное в провод катода лампы для получения автоматического смещения, определяется по формуле

$$R_к=\frac{U_{0c}}{I_0}, \qquad (4\text{-}25)$$

где U_{0c} — необходимое смещение на сетке лампы, *в*;
I_0 — ток, проходящий через сопротивление $R_к$, *а*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

ДОКУМЕНТ
№ 03

Емкость $C_к$, шунтирующая $R_к$, выбирается для усиления колебаний с частотой от 30 *гц* и выше по формуле

$$C_к \approx \frac{53\,000}{R_к} \text{ мкф}, \qquad (4\text{-}26а)$$

а для усиления колебаний с частотой от 50—60 *гц* и выше

$$C_к \approx \frac{25\,000}{R_к} \text{ мкф}. \qquad (4\text{-}26б)$$

Если данный каскад связан с последующим каскадом (фиг. 4-10), то коэффициент усиления каскада на средних частотах приближенно определяется по формуле (4-24). Для более точного расчета в этой формуле надо вместо R_a брать действующее в анодной цепи нагрузочное сопротивление $R'_a = \frac{R_a R_c}{R_a + R_c}$.

Чтобы коэффициент усиления каскада на самой низкой частоте $\omega_н$ уменьшался не более чем на 30% по сравнению с усилением на средних частотах, необходимо брать

$$C_c \geqslant \frac{10^6}{\omega_н R_a} \text{ мкф}. \qquad (4\text{-}27)$$

Чтобы коэффициент усиления каскада на самой низкой частоте $\omega_н$ уменьшался не более чем на 5%, по сравнению с усилением на средних частотах, необходимо чтобы

$$C_c \geqslant \frac{3 \cdot 10^6}{\omega_н R_c} \text{ мкф}. \qquad (4\text{-}28)$$

Верхняя граница усиливаемой полосы частот определяется емкостью, шунтирующей анодное нагрузочное сопротивление. Эта емкость для триодов (фиг. 4-10) определяется формулой

$$C_ш = C_o + C_{ск} + C_{ак} + C_{са}(1 + K), \qquad (4\text{-}29)$$

где C_o — емкость монтажа, т. е. емкость проводов анода и сетки относительно катода (на схеме не показана);

$C_{ск}$ и $C_{са}$ — емкости сетка — катод и сетка — анод последующей лампы;

$C_{ак}$ — емкость анод — катод предыдущей лампы;

K — коэффициент усиления последующего каскада.

Для пентодов

$$C_ш \approx C_o + C_{ск} + C_{сэ} + C_{ак}, \qquad (4\text{-}29а)$$

где все обозначения — прежние, а $C_{сэ}$ — емкость управляющая сетка — экранирующая сетка последующего каскада.

Чтобы коэффициент усиления каскада на самой высокой частоте $\omega_в$ уменьшался не более чем на 30% по сравнению с усилением на средних частотах, необходимо, чтобы

$$R \leqslant \frac{1}{\omega_в C_ш} \text{ ом}, \qquad (4\text{-}30)$$

где

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_c}} \qquad (4\text{-}31)$$

или приближенно, пренебрегая величиной $\frac{1}{R_c}$,

$$R \approx \frac{R_a R_i}{R_a + R_i} = R'_a. \qquad (4\text{-}31а)$$

Чтобы коэффициент усиления каскада на самой высшей частоте уменьшался не более чем на 5% по сравнению с усилением на средних частотах, необходимо, чтобы

$$R \leqslant \frac{1}{3\omega_в C_ш} \text{ ом}. \qquad (4\text{-}32)$$

В случае пентода сопротивление в цепи экранирующей сетки определяется по формуле

$$R_э = \frac{U_б - U_{0э}}{I_{0э}}, \qquad (4\text{-}33)$$

где $U_{0э}$ — постоянное напряжение на экранирующей сетке и $I_{0э}$ — постоянная составляющая тока экранирующей сетки.

7*

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Блокирующая емкость в цепи экранирующей сетки определяется формулой

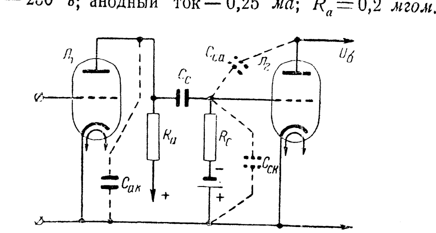
$$C_э \geqslant \frac{50 \cdot 10^6}{\omega_н R_э} \; мкф. \qquad (4\text{-}34)$$

Примеры и задачи.

4-20. Анодный ток пентода в рабочем режиме равен $I_{0a} = 36$ *ма* и ток экранирующей сетки $I_{0э} = 5$ *ма*. Определить величину катодного сопротивления $R_к$, необходимого для получения на управляющей сетке смещения $U_{0c} = -6$ *в*.

Ответ: $R_к = 146$ *ом*.

4-20а. Каскад усиления н. ч. собран на лампе 6С4Б (фиг. 4-9). Напряжение анодной батареи (выпрямителя) — 250 *в*; анодный ток — 0,25 *ма*; $R_a = 0,2$ *мгом*.



Фиг. 4-10.

Определить: а) величину катодного сопротивления, необходимого для получения автоматического смещения (—2) *в*; б) величину анодного напряжения.

Ответ: а) 8 000 *ом*; б) 200 *в*.

4-21. Усилительный каскад собран на лампе 6С5Б (фиг. 4-10) и имеет следующие данные: внутреннее сопротивление лампы $R_i = 10\,000$ *ом*; анодное нагрузочное сопротивление $R_a = 0,1$ *мгом*; коэффициент усиления $\mu = 20$; сопротивление утечки $R_c = 1$ *мгом*. Допустимое уменьшение усиления на крайних частотах—30%.

Определить: а) коэффициент усиления каскада K; б) емкость конденсатора C_c, если самая низкая усиливаемая частота $f_н = 30$ *гц*; в) максимальную допустимую шунтирующую емкость $C_ш$, если наивысшая усиливаемая частота $f_в = 10\,000$ *гц*; г) емкость конденсатора $C_к$, шунтирующего катодное сопротивление $R_к = 3\,000$ *ом*.

Решение.

а) $R_a' = \frac{10^6 \cdot 10^5}{10^6 + 10^5} \approx 9,1 \cdot 10^4$ *ом*;

$$K = \frac{20}{1 + \frac{10^4}{9,1 \cdot 10^4}} \approx 18;$$

б) $C_c \geqslant \frac{10^6}{\omega_н R_c} = \frac{10^6}{2\pi \cdot 30 \cdot 10^6} = \frac{1}{60 \cdot \pi}$ *мкф* $= \frac{10^6}{60\,\pi}$ *мкмкф* $=$ $= 5\,300$ *мкмкф*.

в) Из формулы (4-30) следует: $C_ш = \frac{1}{\omega_в R}$, где, согласно формуле 4-31а, $R = \frac{10^4 \cdot 10^5}{10^4 + 10^5} = 9,1 \cdot 10^3$.

Тогда

$$C_ш = \frac{1}{2\pi \cdot 10\,000 \cdot 9\,100} = \frac{10^{-6}}{2\pi \cdot 91} \approx 0,00175 \cdot 10^{-6} ф = 1\,750 \; мкмкф.$$

г) Из формулы (4-26а) следует: $C_к = \frac{53\,000}{3\,000} \approx 18$ *мкф*.

4-21а. Наивысшая частота усиливаемого напряжения $f_в = 16\,000$ *гц*; коэффициент усиления каскада с триодом на этой частоте по сравнению с усилением на средних частотах не должен уменьшаться больше, чем на 5%. Определить: а) шунтирующую емкость $C_ш$, если емкость монтажа $C_0 = 20$ *мкмкф*, $C_{ск} = 5$ *мкмкф*, $C_{ак} = 4,5$ *мкмкф*, $C_{са} = 1,7$ *мкмкф*, а коэффициент усиления последующего каскада $K = 20$; б) какое наибольшее значение может иметь анодное нагрузочное сопротивление R_a, если сопротивление утечки следующего каскада $R_c = 0,8$ *мгом* и внутреннее сопротивление лампы $R_i = 0,1$ *мгом*.

Ответ: а) $C_ш = 65,2$ *мкмкф*;

б) $R_a \approx 115\,000$ *ом*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№03

4-22. Усилительный триод работает в усилителе низкой частоты на сопротивлениях (фиг. 4-10) при следующих условиях: напряжение батареи $U_б = 120$ *в*, $\mu = 25$, $I_{0a} = 0,2$ *ма*, $R_a = 0,1$ *мгом*, $R_i = 80\,000$ *ом*. Определить: а) коэффициент усиления каскада K; б) динамическую крутизну $S_д$; в) емкость C_c сеточного конденсатора, если $R_c = 1,5$ *мгом* и если уменьшение усиления на частоте 30 *гц* не должно превышать 30%.

Ответ: а) $K = 13,5$; б) $S_д = 0,144$ *ма/в*;

в) $C_c \approx 3\,300$ *мкмкф*.

4-23. Усилительный каскад на пентоде 6Ж7Б имеет $R_i = 1$ *мгом*, $R_a = 0,2$ *мгом* и должен пропустить полосу частот от 60 до 8 000 *гц*. Определить: а) сопротивление утечки в цепи сетки следующего каскада, если шунтирующая емкость равна 50 *мкмкф* и уменьшение усиления на крайних частотах не должно превышать 5%; б) емкость переходного конденсатора.

Ответ: а) 0,67 *мгом*; б) 12 000 *мкмкф*.

4-24. Определить данные схемы и режим работы без значительных искажений для усилительного каскада предыдущей задачи, если известно, что напряжение выпрямителя равно 250 *в*, смещение на управляющей сетке равно (—4) *в* и напряжение на экранирующей сетке равно 100 *в*.

Решение. Из предыдущей задачи известно, что действующее нагрузочное сопротивление в анодной цепи равно $1,33 \cdot 10^5$ *ом*. Пользуясь семейством анодных характеристик лампы 6Ж7Б (Гурфинкель, Приемно-усилительные лампы, Госэнергоиздат, 1949), строим динамическую характеристику, по которой определяем $I_{0a} \approx 0,8$ *ма*. Считаем, что ток экранирующей сетки равен приблизительно $0,25 I_{0a} = 0,2$ *ма*. Крутизна равна 1,2 *ма/в*.

Коэффициент усиления каскада согласно формуле (4-20а) приближенно равен

$$K = SR_a' = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,33 \cdot 10^5 \approx 160.$$

Чтобы искажения были незначительны, амплитуда напряжения на сетке U_c, как видно из характеристики, не должна быть

больше 0,5 *в*; следовательно, на выходе можно получить амплитуду напряжения 80 *в*.

Сопротивление в цепи катода должно быть

$$R_к = \frac{4}{(0,8 + 0,2) \cdot 10^{-3}} = 4\,000 \text{ ом}.$$

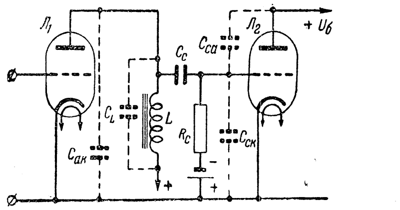
Сопротивление в цепи экранирующей сетки $R_э = \frac{250-100}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 750\,000$ *ом*.

Емкость $C_к = \frac{25\,000}{4\,000} \approx 6$ *мкф*.

Блокирующая емкость в цепи экранирующей сетки равна

$$C_э > \frac{50 \cdot 10^6}{6,28 \cdot 60 \cdot 750\,000} = 0,175 \text{ мкф}.$$

Усилители низкой частоты на дросселях. Коэффициент усиления усилительного каскада на дросселе



Фиг. 4-11.

(фиг. 4-11) можно вычислить приближенно по формуле

$$K \approx \mu \sqrt{\frac{R^2 + (\omega L)^2}{(R_i + R)^2 + (\omega L)^2}}, \qquad (4\text{-}35)$$

где R — активное сопротивление дросселя;

ωL — индуктивное сопротивление дросселя;

R_i — внутреннее сопротивление лампы.

Если активное сопротивление дросселя мало по сравнению с его индуктивным сопротивлением, то

$$K \approx \frac{\mu \omega L}{\sqrt{R_i^2 + (\omega L)^2}}. \qquad (4\text{-}36)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Формулы (4-35) и (4-36) не учитывают шунтирующего влияния R_c следующего каскада.

Если емкость конденсатора C_c (фиг. 4-11) выбрана достаточно большой, то **нижняя граница частоты** усиливаемого напряжения, внутреннее сопротивление лампы и индуктивность дросселя связаны соотношением $R_i = \omega_н L$.

Верхняя граница частоты усиливаемого напряжения определяется шунтирующей емкостью $C'_ш$, которая отличается от величины $C_ш$ для усилителя на сопротивлениях тем, что к ней прибавляется собственная емкость дросселя C_L.

Резонансная частота дросселя определится как

$$f_p \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC'_ш}}. \qquad (4\text{-}37)$$

На этой частоте усиление каскада будет наибольшим.

Задача.

4-25. Каскад усиления на дросселе работает с лампой, имеющей внутреннее сопротивление 50 000 *ом*. Определить: а) необходимую минимальную индуктивность дросселя, если наименьшая усиливаемая частота $f_н$ = 50 *гц*; б) резонансную частоту дросселя, если шунтирующая емкость $C'_ш = 30$ *мкмкф*; в) коэффициент усиления каскада на частоте 1 000 *гц*, если коэффициент усиления лампы равен 100.

Ответ: а) 159 *гн*; б) 2 300 *гц*; в) $\approx$ 100.

Усилители низкой частоты на трансформаторах. В общем случае коэффициент усиления каскада на трансформаторе (фиг. 4-12) определяется как

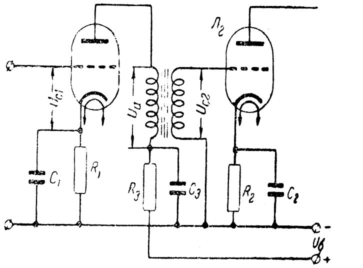
$$K = \frac{U_{c2}}{U_{c1}} = n\frac{U_a}{U_{c1}}, \qquad (4\text{-}38)$$

где $n = \frac{w_2}{w_1}$ — коэффициент трансформации.

Для низших частот (до 800 *гц*) при применении в качестве усилительной лампы триода коэффициент усиления каскада определяется по формуле

$$K_н \approx n\mu\frac{\omega L_1}{\sqrt{R_i^2 + (\omega L_1)^2}}, \qquad (4\text{-}39)$$

где L_1 — индуктивность первичной обмотки трансформатора. В этой формуле и далее активное сопротивление первичной обмотки не учитывается.



Фиг. 4-12.

Нижняя граница частоты усиливаемого напряжения для усилителя на трансформаторе определяется условием

$$R_i \leqslant \omega_н L_1. \qquad (4\text{-}40)$$

Верхняя граница частоты усиливаемого напряжения зависит от величины емкости, вносимой из вторичной цепи в первичную, и определяется соотношением

$$R_i \leqslant \frac{1}{\omega_в C_{вн}}. \qquad (4\text{-}41)$$

Индуктивность рассеяния $L_{рас}$ трансформатора и вносимая емкость $C_{вн}$ определяют резонансную частоту эквивалентного последовательного контура $L_{рас}$, $C_{вн}$:

$$\omega_{рас} = \frac{1}{\sqrt{L_{рас}C_{вн}}}, \qquad (4\text{-}42)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

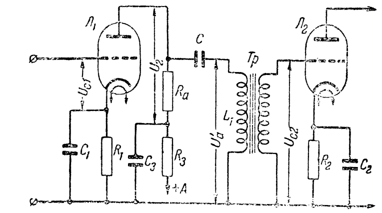
где согласно формуле (3-4д) $L_{рас} \approx L_1(1 - k^2) = L_1\sigma$ (здесь k—коэффициент связи между обмотками трансформатора; σ — коэффициент рассеяния). Согласно формуле (3-3), вносимая емкость $C_{вн} = C_ш n^2$, где $C_ш$ — емкость, на которую нагружена вторичная обмотка трансформатора, равная сумме собственной емкости вторичной обмотки и входной емкости следующего каскада.

Коэффициент усиления на частоте $\omega_{рас}$

$$K_{рас} = \frac{n\mu}{R_i\, \omega_{рас}\, C_{вн}} = \frac{n\mu\omega_{рас}\, L_1\sigma}{R_i}, \qquad (4\text{-}43)$$

где $n\mu = K_{ср}$ — коэффициент усиления на средних частотах.

В случае применения схемы с параллельным анодным питанием (фиг. 4-13) на некоторой низшей частоте



Фиг. 4-13.

наблюдается резонанс напряжений в первичной цепи трансформатора, и эта резонансная частота равна

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}. \qquad (4\text{-}44)$$

Коэффициент усиления на этой резонансной частоте определяется формулой

$$K_p = n\mu \frac{\omega_p L_1}{R_i}, \qquad (4\text{-}45)$$

а коэффициент усиления на средних частотах равен

$$K_{ср} = \frac{n\mu R_a}{R_i + R_a}$$

или при $R_a \gg R_i$ получаем

$$K_{ср} = n\mu.$$

Формула (4-43) остается в силе и для данной схемы.

Если для схемы фиг. 4-13 резонансную частоту ω_p первичной цепи трансформатора сделать равной низшей частоте усиливаемых напряжений, а резонансную частоту рассеяния $\omega_{рас}$ сделать равной высшей частоте, то между этими частотами усиление будет приблизительно равномерно и равно коэффициенту усиления на средних частотах $K_{ср}$.

Усиление на крайних частотах зависит от добротности контуров L_1, C и $L_{рас}$, $C_{вн}$.

Добротность контура L_1, C на частоте ω_p определяется формулой

$$Q_н = \frac{\omega_p L_1}{R_i}, \qquad (4\text{-}46)$$

а коэффициент усиления

$$K_н = n\mu Q_н. \qquad (4\text{-}47)$$

Добротность контура $L_{рас}$, $C_{вн}$ на частоте $\omega_{рас}$ определяется формулой

$$Q_в = \frac{\omega_{рас}\sigma L_1}{R_i} \qquad (4\text{-}48)$$

и коэффициент усиления

$$K_в = n\mu Q_в. \qquad (4\text{-}49)$$

Для получения $K_н = K_в = K_{ср}$ необходимо параметры схемы выбирать так, чтобы

$$Q_н = Q_в = 1,$$

что приводит к соотношению

$$\frac{\omega_p}{\omega_{рас}} = \frac{f_p}{f_{рас}} = \frac{f_н}{f_в} = \sigma. \qquad (4\text{-}50)$$

Примеры и задачи.

4-26. Двухкаскадный усилитель низкой частоты на трансформаторах (фиг. 4-12) работает на двух триодах 6С5Б с внутренним сопротивлением 10 000 *ом* и коэффициентом усиления 20 для каждого триода.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Определить общее усиление на частоте 50 *гц*, если коэффициент трансформации каждого трансформатора равен трем, а индуктивность первичных обмоток у каждого из них равна 80 *гн*.

Ответ: $K = 31\,000$.

4-27. Усилительный каскад по схеме фиг. 4-13 имеет следующие данные:

$$\mu = 30;\ R_i = 20\,000\ \text{ом};\ n = 3;\ L_1 = 100\ \text{гн};$$

$$R_a = 100\,000\ \text{ом};\ C = 0{,}1\ \text{мкф}.$$

Определить: а) нижнюю резонансную частоту $f_н$; б) коэффициент усиления на этой частоте $K_н$.

Ответ: а) 50 *гц*; б) 141.

4-28. Наименьшая и наибольшая частоты полосы пропускания усилителя по схеме фиг. 4-12 при применении лампы, имеющей $R_i = 15\,000$ *ом*, соответственно равны 30 и 12 000 *гц*. Определить: а) минимальную индуктивность первичной обмотки трансформатора; б) величину емкости, на которую нагружена вторичная обмотка трансформатора, если $n = 3$.

Решение.

а) $$L_1 = \frac{R_i}{2\pi f_н} = \frac{15\,000}{2\pi \cdot 30} \approx 80\ \text{гн};$$

б) $$C_{вн} = \frac{1}{2\pi f_в R_i} = \frac{1}{2\pi \cdot 12\,000 \cdot 15\,000} = 8{,}9 \cdot 10^{-10}\ \phi = 890\ \text{мкмкф}.$$

Тогда

$$C_ш = \frac{C_{вн}}{n^2} = \frac{890}{9} = 99\ \text{мкмкф}.$$

4-29. Каскад с трансформатором работает на лампе 6С5Б, имеющей $R_i = 10\,000$ *ом* и $\mu = 20$. Междуламповый трансформатор имеет следующие данные: $n = 2$; $L_1 = 80$ *гн* и коэффициент рассеяния 1%.

Резонансная частота рассеяния $f_{рас} = f_в$ равна 12 000 *гц*.

Определить: а) допустимую величину шунтирующей емкости во вторичной цепи трансформатора; б) коэффициент усиления при частоте $f_{рас}$.

Решение.

а) $$C_ш = \frac{1}{\omega^2_{рас}\sigma L_1 n^2} = \frac{1}{(2\pi \cdot 1{,}2 \cdot 10^4)^2 \cdot 0{,}01 \cdot 80 \cdot 4} =$$

$$= 5{,}4 \cdot 10^{-11}\ \phi = 54\ \text{мкмкф};$$

б) $$K_{рас} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 2\pi \cdot 12\,000 \cdot 0{,}01 \cdot 80}{10\,000} = 240.$$

4-30. Усилитель с трансформатором по схеме фиг. 4-13 должен равномерно усиливать частоты от 50 до 10 000 *гц*. Определить: а) какой должен быть коэффициент рассеяния трансформатора; б) минимальную величину внутреннего сопротивления лампы при индуктивности первичной обмотки трансформатора 60 *гн*; в) величину коэффициента трансформации, если емкость во вторичной цепи трансформатора равна 50 *мкмкф*.

Решение.

а) $$\sigma = \frac{f_н}{f_в} = \frac{50}{10\,000} = 0{,}005 = 0{,}5\%;$$

б) из условия $Q_н = 1$ следует:

$$R_i = \omega_н L_1 = 2\pi \cdot 50 \cdot 60 = 6\,000\pi = 18\,850\ \text{ом};$$

в) $$R_i = \frac{1}{\omega_в C_ш n^2}$$ или

$$n^2 = \frac{1}{R_i \omega_в C_ш} = \frac{10^{12}}{18\,850 \cdot 2\pi \cdot 10\,000 \cdot 50} \approx 16,$$

откуда

$$n = 4.$$

4-31. Триод в усилительном каскаде на трансформаторе имеет внутреннее сопротивление $R_i = 20\,000$ *ом*. Индуктивность первичной обмотки трансформатора $L_1 = 60$ *гн*, а коэффициент рассеяния $\sigma = 0{,}6\%$. Определить: а) индуктивность рассеяния; б) коэффициент связи трансформатора.

Ответ: а) 0,36 *гн*; б) 99,7%.

4-32. Трансформатор низкой частоты включен по схеме фиг. 4-13. При этом на частоте 40 *гц* усиление

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

должно быть увеличено в три раза по сравнению с усилением на средней частоте. Определить: а) величину емкости C, если индуктивность $L_1 = 80$ *гн*; б) наибольшую допустимую величину R_i лампы.

Ответ: а) 0,2 *мкф*; б) 6 700 *ом*.

4-33. Каскад УНЧ по схеме фиг. 4-13 на лампе 6Н7 должен равномерно усиливать частоты в диапазоне от 80 до 8 000 *гц*. Полная шунтирующая емкость вторичной цепи $C_ш = C_{вх} + C_{монт} + C_{тр} = 50 + 20 + 50 = 120$ *мкмкф*; внутреннее сопротивление лампы $R_i = 16\,000$ *ом* и коэффициент усиления $\mu = 32$. Определить: а) индуктивность первичной обмотки трансформатора; б) коэффициент трансформации; в) индуктивность вторичной обмотки; г) коэффициент усиления каскада.

Решение.

а) Из формулы (4-50) находим коэффициент рассеяния трансформатора

$$\sigma = \frac{80}{8\,000} = 0{,}01 = 1\%.$$

Так как $Q_в = 1$, а $\omega_{рас} = \omega_в = 2\pi f_в = 2\pi \cdot 8\,000 \approx 50\,000$, то из формулы (4-48) находим индуктивность первичной обмотки

$$L_1 = \frac{R_i}{\omega_{рас}\sigma} = \frac{16\,000}{50\,000 \cdot 0{,}01} = 32 \text{ гн}.$$

б) По величине $L_{рас} = \sigma L_1 = 0{,}01 \cdot 32 = 0{,}32$ *гн* из формулы (4-42) находим

$$C_{вн} = \frac{1}{\omega_{рас}^2 L_{рас}} = \frac{1}{50\,000^2 \cdot 0{,}32} = \frac{10^{12}}{25 \cdot 10^8 \cdot 0{,}32} = 1\,250 \text{ мкмкф}.$$

Из соотношения $C_{вн} = C_ш n^2$ получаем $n = \sqrt{\frac{C_{вн}}{C_ш}} = 3{,}22$.

в) Согласно формуле (3-11б) индуктивность вторичной обмотки

$$L_2 = n^2 L_1 = 10{,}4 \cdot 32 = 330 \text{ гн}.$$

г) Если взять $R_a \gg R_i$, то коэффициент усиления по всему диапазону равен приближенно коэффициенту усиления на средних частотах: $K \approx n\mu = 3{,}22 \cdot 32 = 103$.

482 — 2

Действительно, согласно формуле (4-43) усиление на наивысшей частоте

$$K_в = K_{рас} = \frac{3{,}22 \cdot 32}{16\,000 \cdot 50\,000 \cdot 1\,250 \cdot 10^{-12}} = 103.$$

Усиление на низшей частоте по формуле (4-45)

$$K_н = \mu n Q_н = 32 \cdot 3{,}22 \frac{500 \cdot 32}{16\,000} \approx 103.$$

Оконечный каскад усиления низкой частоты. При работе оконечного каскада на активное нагрузочное сопротивление R_a отдаваемая лампой мощность переменного тока подсчитывается по формулам

$$P = \frac{U_a I_a}{2} = \frac{U_a^2}{2R_a} = \frac{I_a^2 R_a}{2} \text{ вт}, \qquad (4\text{-}51)$$

где U_a и I_a — амплитудные значения, или

$$P = \frac{U_c^2 \mu^2 R_a}{2(R_i + R_a)^2} \text{ вт}. \qquad (4\text{-}52)$$

Для случая, когда $R_a = R_i$, лампа отдает максимальную мощность

$$P = \frac{U_c^2 \mu^2}{8R_i}. \qquad (4\text{-}53)$$

Если на сопротивлении R_a не происходит заметной потери мощности постоянного анодного тока, то потребляемая оконечным каскадом мощность P_0, отдаваемая полезная мощность P и мощность рассеяния на аноде P_a связаны соотношением

$$P_0 = P_a + P. \qquad (4\text{-}54)$$

К. п. д. каскада

$$\eta = \frac{P}{P_0}. \qquad (4\text{-}55)$$

Когда коэффициент нелинейных искажений $K_{нл}$ оконечного каскада имеет заметную величину, то полезная мощность подсчитывается по формуле

$$P = \frac{I_1^2 R_a}{2},$$

где I_1 — амплитуда первой гармоники анодного тока.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

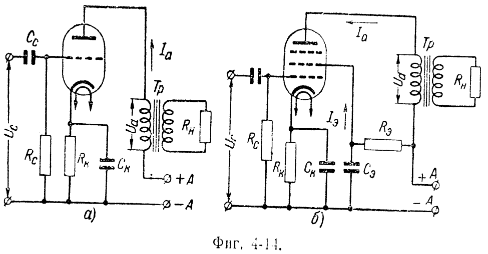
DOCUMENT
№ 03

Для триодов, работающих в оконечных каскадах (фиг. 4-14,*а*), сопротивление анодной нагрузки выбирается из расчета

$$R_a = (2 - 4)R_i. \qquad (4\text{-}56)$$

Для пентодов, работающих в оконечных каскадах (фиг. 4-14,*б*), сопротивление анодной нагрузки выбирается из расчета

$$R_a = (0{,}1 - 0{,}2)R_i. \qquad (4\text{-}57)$$



Фиг. 4-14.

При работе оконечного каскада на нагрузочное сопротивление $R_н$ (например, на динамик), последнее должно быть согласовано с внутренним сопротивлением лампы с помощью трансформатора, для которого коэффициент трансформации определяется из соотношения

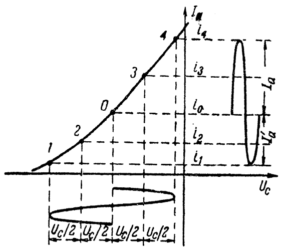
$$R_a = \frac{R_н}{n^2} \quad \text{или} \quad n = \sqrt{\frac{R_н}{R_a}}. \qquad (4\text{-}58)$$

Коэффициент нелинейных искажений для анодного тока определяется по формуле

$$K_{нл} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}}{I_1}, \qquad (4\text{-}59)$$

где I_1, I_2, I_3 и т. д. — амплитуды первой, второй третьей и т. д. гармоник переменной составляющей анодного тока.

Величины I_1, I_2 и I_3 могут быть определены с помощью сеточной динамической характеристики (фиг. 4-15) и следующих формул:



Фиг. 4-15.

$$I_1 = \frac{i_3 + i_4 - (i_1 + i_2)}{3}, \qquad (4\text{-}60)$$

$$I_2 = \frac{2i_0 - (i_1 + i_4)}{4}, \qquad (4\text{-}61)$$

$$I_3 = \frac{2(i_3 - i_2) - (i_4 - i_1)}{6}, \qquad (4\text{-}62)$$

Примеры и задачи.

4-34. Оконечная лампа в схеме фиг. 4-14,*а* нагружена через трансформатор с $n = 1:20$ на активное сопротивление 9 *ом*. Действующее значение переменного анодного напряжения определено измерением и равно $U = 90$ *в*. Определить: а) полезную мощность, развиваемую лампой; б) действующее значение напряжения на нагрузочном сопротивлении.

Решение.

а) Сопротивление нагрузки $R_н$ создает для лампы нагрузочное сопротивление в анодной цепи R_a, которое согласно формуле (4-58) равно $R_a = \frac{R_н}{n^2} = \frac{5}{0{,}05^2} = 2\,000$ *ом*.

Отсюда

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{90^2}{2\,000} = 4{,}05 \text{ вт}.$$

б) $U_н = nU = \frac{1}{20} \cdot 90 = 4{,}5$ *в*.

4-35. Триод 6С6, имеющий параметры $\mu = 4{,}2$ и $R_i = 800$ *ом*, отдает мощность 3,5 *вт*. Определить: а) амплитуду переменного напряжения на сетке, если нагрузочное сопротивление в анодной цепи равно 2 500 *ом*; б) какой в этом случае нужно взять коэффициент транс-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

формации, если вторичная обмотка выходного трансформатора нагружена на сопротивление 40 *ом*?

Ответ: а) 41,6 *в*; б) 1:8.

4-36. Для повышения отдаваемой мощности в оконечном каскаде, работающем в режиме класса А, включены параллельно два оконечных триода типа 6С6. Определить: а) общую отдаваемую мощность: б) общую потребляемую мощность; в) к. п. д.; г) наивыгоднейшее сопротивление нагрузки.

Решение

Для триода 6С6 имеем: $U_{0a} = 250$ *b*; $I_{0d} = 60$ *ма*; $P = 3{,}5$ *вт*; $R_i = 800$ *ом*; $R_a = 2\,500$ *ом*.

а) Так как обе лампы работают параллельно, то

$$P = 3{,}5 \cdot 2 = 7 \text{ вт}.$$

б) аналогично, подводимая мощность

$$P_0 = 250 \cdot 0{,}06 \cdot 2 = 30 \text{ вт};$$

в) к. п. д. $\eta = \frac{7}{30} = 0{,}233 = 23{,}3\%$;

г) поскольку при двух лампах, включенных параллельно,

$$R_i' = \frac{800}{2} = 400 \text{ ом}, \text{ то } R_a = \frac{2\,500}{2} = 1\,250 \text{ ом}.$$

4-37. Искаженное переменное напряжение имеет амплитуду первой гармоники $U_1 = 120$ *в*, второй $U_2 = 45$ *в*, третьей $U_3 = 10$ *в* и четвертой $U_4 = 2$ *в*. Определить коэффициент искажений.

Ответ: 38,5%.

4-38. Оконечный каскад работает с искажениями. Амплитуда первой гармоники равна $I_1 = 28$ *ма*. Определить отдаваемую каскадом мощность, если сопротивление нагрузки $R_a = 5\,000$ *ом*.

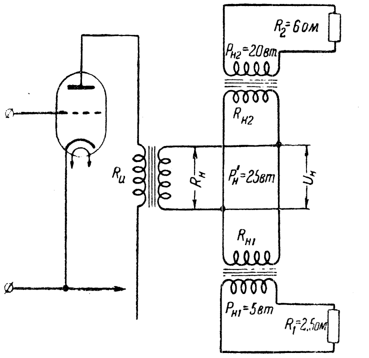
Ответ: $P \approx 2$ *вт*.

4-39. Амплитуда первой гармоники анодного тока оконечного каскада $I_1 = 30$ *ма*. Определить: а) амплитуду переменного напряжения на аноде, если действующее анодное нагрузочное сопротивление $R_a = 7\,000$ *ом*;

б) коэффициент усиления каскада *K*, если амплитуда переменного напряжения на сетке $U_c = 4{,}5$ *в*.

Ответ: а) 210 *в*; 46,7.

4-40. Оконечный каскад при максимальном переменном напряжении на сетке развивает мощность 4 *вт*.



Фиг. 4-16.

Определить величину мощности, если для уменьшения нелинейных искажений на сетку лампы подано вдвое меньшее напряжение.

Ответ: 1 *вт*.

4-41. Оконечный усилитель, отдающий мощность $P_н = 25$ *вт*, работает одновременно на два динамика (фиг. 4-16). Мощность первого динамика $P_1 = 5$ *вт* и сопротивление звуковой катушки $R_{н1} = 2{,}5$ *ом*, второго — соответственно $P_{н2} = 20$ *вт* и $R_2 = 6$ *ом*. Оба динамика подключены через отдельные трансформаторы к выходному трансформатору усилителя, рассчитанному на нагрузочное сопротивление $R_н = 200$ *ом*. Определить:

а) какое нагрузочное сопротивление должен пред-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

ставлять со стороны первичной обмотки каждый трансформатор динамика; б) коэффициент трансформации этих трансформаторов.

Решение.

$$а)\ R_{н1} = \frac{P_н}{P_{н1}} R_н = \frac{25}{5} 200 = 1\,000\ ом$$

и

$$R_{н2} = \frac{P_н}{P_{н2}} R_н = \frac{25}{20} \cdot 200 = 250\ ом.$$

Проверка:

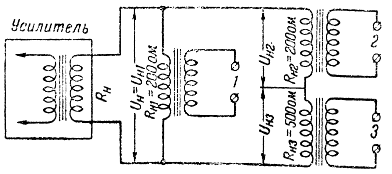
$$R_н = \frac{R_{н1} R_{н2}}{R_{н1} + R_{н2}} = \frac{1\,000 \cdot 250}{1\,000 + 250} = \frac{250\,000}{1\,250} = 200\ ом.$$

$$б)\ n_1 = \sqrt{\frac{R_1}{R_{н1}}} = \sqrt{\frac{2,5}{1\,000}} = 0,05 = 1:20;$$

$$n_2 = \sqrt{\frac{R_2}{R_{н2}}} = \sqrt{\frac{6}{250}} = \frac{2,45}{15,8} = 0,155 = 1:6,45.$$

4-42. К выходному трансформатору оконечного усилителя, отдающего мощность 18 *вт*, подключены параллельно четыре динамических громкоговорителя, у которых согласующие трансформаторы имеют соответственно следующие входные сопротивления: 900, 2 250, 3 000 и 9 000 *ом*. Определить: а) нагрузочное сопротивление усилителя; б) какая мощность приходится на каждый динамик?

Ответ: а) $R_н = 500$ *ом*; б) 10; 4; 3 и 1 *вт*.



Фиг. 4-17.

4-43. К усилителю с выходной мощностью 25 *вт* подключены три динамика согласно фиг. 4-17. Определить: а) нагрузочное сопротивление усилителя; б) напряжение на вторичной обмотке выходного трансформатора; в) мощность отдельных динамиков.

Решение.

$$а)\ R_{н2,3} = R_{н2} + R_{н3} = 700\ ом;$$

$$R_н = \frac{R_{н2,3} \cdot R_{н1}}{R_{н2,3} + R_{н1}} = \frac{700 \cdot 200}{700 + 200} = 156\ ом;$$

$$б)\ P_н = \frac{U_н^2}{R_н},$$

откуда

$$U_н = U_{н1} = \sqrt{P_н R_н} = \sqrt{25 \cdot 156} = 62,5\ в.$$

Напряжения на динамиках *2* и *3*:

$$U_{н2} = \frac{200}{700} \cdot 62,5 = 17,8\ в;$$

$$U_{н3} = \frac{500}{700} \cdot 62,5 = 44,5\ в.$$

Следовательно,

$$P_{н1} = \frac{U_{н1}^2}{R_{н1}} = \frac{62,5^2}{200} = 19,5\ вт;$$

$$P_{н2} = \frac{U_{н2}^2}{R_{н2}} = \frac{17,8^2}{200} = 1,55\ вт;$$

$$P_{н3} = \frac{U_{н3}^2}{R_{н3}} = \frac{44,6^2}{500} = 3,95\ вт.$$

4-44. При работе в классе А нагрузочное сопротивление оконечного триода $R_а = 2\,300$ *ом*, а активное сопротивление звуковой катушки динамика $R_{дин} = R_н = 10\ ом$. Определить коэффициент трансформации в случаях: а) простого оконечного каскада на триоде; б) при параллельном включении двух триодов; в) при двухтактной схеме на тех же триодах.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

№ 03

Решение

а) для простого оконечного каскада

$$n=\sqrt{\frac{R_н}{R_a}}=\sqrt{\frac{10}{2\,300}}=0{,}066=1:15{,}2;$$

б) при параллельном включении двух триодов

$$R'_a=\frac{R_a}{2}=1\,150 \text{ ом};$$

следовательно,

$$n=\sqrt{\frac{R_н}{R'_a}}=\sqrt{\frac{10}{1\,150}}=0{,}0935=1:10{,}7;$$

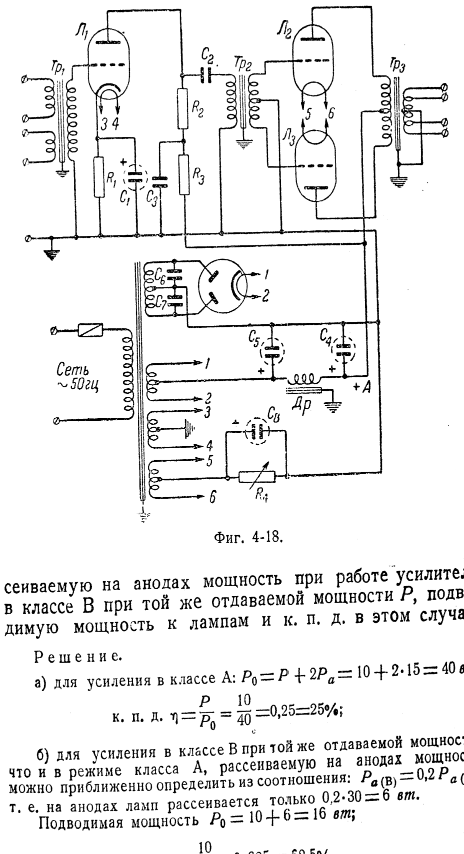
в) при двухтактной схеме $R''_a=2R_a=4\,600$ *ом*; следовательно,

$$n=\sqrt{\frac{R_н}{R''_a}}=\sqrt{\frac{10}{4\,600}}=0{,}0465=1:21{,}4.$$

4-45. Постоянные составляющие анодного тока ламп в усилителе по схеме (фиг. 4-18) соответственно равны: $I_{01}=2{,}5$ *ма*, $I_{02}=I_{03}=60$ *ма*. Определить: а) сопротивление R_1, если напряжение смещения должно быть $U_{0c1}=-4$ *в*; б) сопротивление R_4, если напряжение смещения должно быть $U_{0c2}=U_{0c3}=-48$ *в*; в) какую емкость должен иметь конденсатор C_1, если низшая частота входного напряжения равна 30 *гц*? г) падение напряжения на дросселе *Др*, если его омическое сопротивление $R_{др}=300$ *ом*; д) анодное напряжение на обеих оконечных лампах, если напряжение на конденсаторе фильтра C_5 равно 350 *в*, а омическое сопротивление первичной обмотки выходного трансформатора $R_{тр3}=500$ *ом*.

Ответ: а) 1 600 *ом*; б) 400 *ом*; в) $C_1=30$ *мкф*; г) 37 *в*; д) 250 *в*.

4-46. Двухтактный усилитель отдает мощность $P=10$ *вт*. Рассеиваемая на аноде каждой лампы мощность равна 15 *вт*. Определить: а) подводимую к лампам мощность P_0 и к. п. д. в режиме класса А; б) рас-



Фиг. 4-18.

сеиваемую на анодах мощность при работе усилителя в классе В при той же отдаваемой мощности P, подводимую мощность к лампам и к. п. д. в этом случае.

Решение.

а) для усиления в классе А: $P_0=P+2P_a=10+2\cdot15=40$ *вт*;

$$\text{к. п. д. } \eta=\frac{P}{P_0}=\frac{10}{40}=0{,}25=25\%;$$

б) для усиления в классе В при той же отдаваемой мощности, что и в режиме класса А, рассеиваемую на анодах мощность можно приближенно определить из соотношения: $P_{a(B)}=0{,}2P_{a(A)}$, т. е. на анодах ламп рассеивается только $0{,}2\cdot30=6$ *вт*.

Подводимая мощность $P_0=10+6=16$ *вт*;

$$\text{к. п. д. } \eta=\frac{10}{16}=0{,}625=62{,}5\%.$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

4-47. В двухтактном усилителе класса В анодное нагрузочное сопротивление для каждой лампы $R_a = 1\,500$ *ом*, а сопротивление динамика $R_н = 5$ *ом*. Определить: а) коэффициент трансформации выходного трансформатора; б) коэффициент трансформации, если усилитель работает в классе А и нагрузочное сопротивление равно 6 000 *ом* на каждую лампу.

Решение. Так как в классе В лампы работают попеременно, т. е. в работе участвует только половина первичной обмотки трансформатора, то

$$n = w_2 : \frac{w_1}{2} = 2\cdot\frac{w_2}{w_1} = 2n_B = \sqrt{\frac{R_н}{R_a}} = \sqrt{\frac{5}{1\,500}} = 0{,}058,$$

откуда

$$n_B = \frac{n}{2} = 0{,}029 = 1:34{,}6.$$

В случае усилителя класса А

$$R_A = 2R_a;$$

следовательно,

$$n_A = \sqrt{\frac{R_н}{2R_a}} = \sqrt{\frac{5}{12\,000}} = 0{,}0204 = 1:49.$$

4-48. В двухтактном усилителе класса А имеется выходной трансформатор, создающий нагрузочное сопротивление 10 000 *ом* (между анодами ламп). Активное сопротивление динамика равно 10 *ом*. Определить: а) коэффициент трансформации; б) нагрузочные сопротивления для каждой лампы в отдельности.

Ответ: а) 1:31,6; б) 5 000.

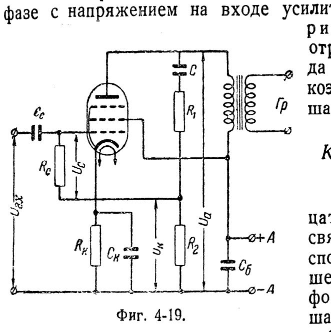
Обратная связь в усилителях низкой частоты. Коэффициент усиления при применении обратной связи определяется по формуле

$$K' = \frac{K}{1-\beta K}, \qquad (4\text{-}63)$$

где βK — коэффициент обратной связи, а величина β показывает, какая часть выходного напряжения усилителя подается обратно на его вход.

Если напряжение обратной связи совпадает по фазе с напряжением на входе усилителя — связь положительна, β — положительно, и результирующий коэффициент усиления возрастает, как это следует из формулы (4-63).

Если напряжение обратной связи противоположно по фазе с напряжением на входе усилителя — связь отрицательна, β — отрицательно. Тогда результирующий коэффициент уменьшается и равен



Фиг. 4-19.

$$K' = \frac{K}{1+\beta K}. \qquad (4\text{-}64)$$

Применение отрицательной обратной связи в усилителях способствует уменьшению искажений и фона, а также улучшает стабильность работы усилителя. При глубокой отрицательной обратной связи результирующий коэффициент усиления $K' \approx \frac{1}{\beta}$, т. е. коэффициент усиления определяется только элементами, образующими цепь обратной связи.

При применении отрицательной обратной связи по напряжению согласно схеме (фиг. 4-19)

$$\beta = \frac{R_2}{R_1+R_2}. \qquad (4\text{-}65)$$

При применении обратной связи по току согласно схеме (фиг. 4-20)

$$\beta = \frac{R_к}{R_a}. \qquad (4\text{-}66)$$

Если напряжение обратной связи снимается со вторичной обмотки трансформатора, то коэффициент β

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

определяется с учетом коэффициента трансформации. Например, для схемы фиг. 4-21 имеем

$$\beta = \frac{r_2 n}{R_1 + R_2}, \qquad (4\text{-}67)$$

где n — коэффициент трансформации выходного трансформатора.

Примеры и задачи.

4-49. Коэффициент искажений оконечного пентода с помощью обратной связи по напряжению (фиг. 4-19) уменьшается в три раза. Без обратной связи коэффициент усиления равен 30, а амплитуда напряжения на сетке равна 12 *в*. Определить: а) коэффициент усиления при наличии обратной связи; б) входное напряжение для получения той же выходной мощности, что и при отсутствии обратной связи; в) сопротивление R_2, если сопротивление $R_1 = 500\,000$ *ом*.

Фиг. 4-20.

Решение:

а) при применении отрицательной обратной связи искажения уменьшаются во столько же раз, во сколько уменьшается усиление. Следовательно, $K' = \frac{30}{3} = 10.$

б) При применении отрицательной обратной связи необходимое входное напряжение увеличивается во столько раз, во сколько уменьшается усиление:

$$U_c' = \frac{K}{K'} U_c = 3 \cdot 12 = 36 \text{ в}.$$

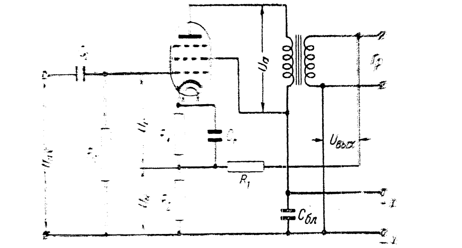
в) Коэффициент усиления при применении отрицательной обратной связи вычисляется по формуле (4-64), откуда

$$\beta = \frac{K - K'}{KK'} = \frac{30 - 10}{30 \cdot 10} = \frac{20}{300} = \frac{1}{15} = 0{,}0667.$$

Тогда согласно формуле (4-65)

$$R_2 = \frac{\beta R_1}{1 - \beta} = \frac{500\,000 \cdot 0{,}0667}{1 - 0{,}0667} = 35\,700 \text{ ом}.$$

4-50. Пентод 6П6С (6Ф6) работает в схеме, аналогичной схеме фиг. 4-20, при $R_a = 7\,000$ *ом* и $U_c = 16{,}5$ *в*. Сопротивление в цепи катода $R_к = 410$ *ом* используется для получения обратной связи по току. Определить: а) коэффициент усиления каскада с обратной связью, если при отсутствии обратной связи $K = 20$; б) во сколько раз уменьшится коэффициент искажений при применении обратной связи; в) чему должно быть равно входное напряжение, чтобы получить ту же выходную мощность, что и при отсутствии обратной связи?



Фиг. 4-21.

Ответ: а) $K' = 9{,}2$; б) в 2,17 раза; в) 35,6 *в*.

4-51. В усилителе низкой частоты согласно схеме фиг. 4-21 применена отрицательная обратная связь по напряжению. Коэффициент усиления без обратной связи $K = 700$. Определить: а) коэффициент усиления при наличии обратной связи, если сопротивления R_1 и R_2 соответственно равны 150 и 25 *ом*, а выходной трансформатор имеет коэффициент трансформации $n = 1:20$; б) во сколько раз уменьшаются искажения; в) результирующее напряжение на сетке, если входное напряжение $U_c = 15$ *в*.

Ответ: а) 117; б) в шесть раз; в) 2,5 *в*.

4-52. Коэффициент усиления усилителя $K_1 = 100$ при частоте $f_1 = 400$ *гц* и $K_2 = 10$ при частоте $f_2 =$ [illegible]. Определить, на сколько децибел усиление на частоте f_2 [illegible]

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

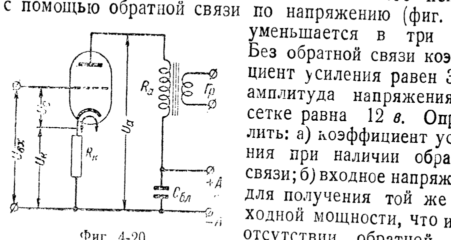
определяется с учетом коэффициента трансформации. Например, для схемы фиг. 4-21 имеем

$$\beta = \frac{r_2 n}{R_1 + R_2}, \qquad (4\text{-}67)$$

где n — коэффициент трансформации выходного трансформатора.

Примеры и задачи.

4-49. Коэффициент искажений оконечного пентода с помощью обратной связи по напряжению (фиг. 4-19) уменьшается в три раза. Без обратной связи коэффициент усиления равен 30, а амплитуда напряжения на сетке равна 12 *в*. Определить: а) коэффициент усиления при наличии обратной связи; б) входное напряжение для получения той же выходной мощности, что и при отсутствии обратной связи; в) сопротивление R_2, если сопротивление $R_1 = 500\,000$ *ом*.



Фиг. 4-20.

Решение:

а) при применении отрицательной обратной связи искажения уменьшаются во столько же раз, во сколько уменьшается усиление. Следовательно, $K' = \frac{30}{3} = 10$.

б) При применении отрицательной обратной связи необходимое входное напряжение увеличивается во столько раз, во сколько уменьшается усиление:

$$U'_c = \frac{K}{K'} U_c = 3 \cdot 12 = 36 \text{ в}.$$

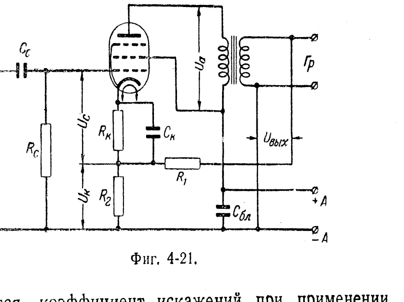
в) Коэффициент усиления при применении отрицательной обратной связи вычисляется по формуле (4-64), откуда

$$\beta = \frac{K - K'}{KK'} = \frac{30 - 10}{30 \cdot 10} = \frac{20}{300} = \frac{1}{15} = 0{,}0667.$$

Тогда согласно формуле (4-65)

$$R_2 = \frac{\beta R_1}{1 - \beta} = \frac{500\,000 \cdot 0{,}0667}{1 - 0{,}0667} = 35\,700 \text{ ом}.$$

4-50. Пентод 6П6Б (6Ф6) работает в схеме, аналогичной схеме фиг. 4-20, при $R_a = 7\,000$ *ом* и $U_c = 16{,}5$ *в*. Сопротивление в цепи катода $R_к = 410$ *ом* используется для получения обратной связи по току. Определить: а) коэффициент усиления каскада с обратной связью, если при отсутствии обратной связи $K = 20$; б) во сколько раз



Фиг. 4-21.

уменьшится коэффициент искажений при применении обратной связи? в) чему должно быть равно входное напряжение, чтобы получить ту же выходную мощность, что и при отсутствии обратной связи?

Ответ: а) $K' = 9{,}2$; б) в 2,17 раза; в) 35,6 *в*.

4-51. В усилителе низкой частоты согласно схеме фиг. 4-21 применена отрицательная обратная связь по напряжению. Коэффициент усиления без обратной связи $K = 700$. Определить: а) коэффициент усиления при наличии обратной связи, если сопротивления R_1 и R_2 соответственно равны 150 и 25 *ом*, а выходной трансформатор имеет коэффициент трансформации $n = 1:20$; б) во сколько раз уменьшаются искажения? в) результирующее напряжение на сетке, если входное напряжение $U_c = 15$ *в*.

Ответ: а) 117; б) в шесть раз; в) 2,5 *в*.

4-52. Коэффициент усиления усилителя $K_1 = 100$ при частоте $f_1 = 400$ *гц* и $K_2 = 10$ при частоте $f_2 = 50$ *гц*. Определить, на сколько децибел усиление на частоте f_2

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

меньше усиления на частоте f_1 при отсутствии отрицательной обратной связи и при наличии обратной связи с $\beta=4\%$.

Решение. Усиление или ослабление в децибелах выражается формулой

$$10\lg\frac{P_1}{P_2}=20\lg\frac{U_1}{U_2}=20\lg\frac{K_1}{K_2}, \qquad (4\text{-}68)$$

где P — означает мощность;
U — напряжение.

Таблица усиления или ослабления в децибелах для различных отношений мощностей и напряжений дана в приложении.

Без обратной связи усиление при частоте f_1 больше, чем усиление при частоте f_2 на

$$20\lg\frac{K_1}{K_2}=20\lg\frac{100}{10}=20\ \partial б.$$

При наличии обратной связи коэффициент усиления на частоте f_1 равен

$$K_1'=\frac{K_1}{1+\beta K_1}=\frac{100}{1+0{,}04\cdot100}=20.$$

Аналогично усиление на частоте f_2 равно

$$K_2'=\frac{10}{1+0{,}04\cdot10}=7{,}14.$$

С отрицательной обратной связью усиление при частоте f_1 больше, чем усиление при частоте f_2 всего лишь на

$$20\lg\frac{20}{7{,}14}=9\ \partial б.$$

4-53. Общее усиление усилителя $K_1=160$ на частоте $f_1=1\,000$ *гц* и $K_2=20$ на частоте $f_2=30$ *гц*. Чему равна разность усиления в децибелах: а) при отсутствии обратной связи; б) при введении обратной связи с $\beta=10\%$?

Ответ: а) 18 *дб*; б) 3 *дб*.

4. УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Усилитель на сопротивлениях (фиг. 4-10). В усилителях в. ч. на сопротивлениях для получения равномерного усиления в широкой полосе частот R_a выбирается намного меньше R_i. Поэтому на основании формулы (4-24) усиление на средних частотах

$$K_{cp}\approx SR_a. \qquad (4\text{-}69)$$

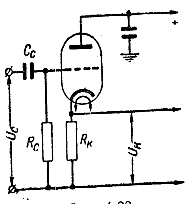
Если усиление на низшей и высшей частотах полосы пропускания не должно отличаться от усиления на средних частотах более чем на 30% (3 *дб*), то низшая частота определяется из формулы (4-27), а высшая частота определяется формулой (4-30), в которой вместо R нужно подставить R_a.

Задача.

4-54. Широкополосный усилитель по схеме фиг. 4-10 на лампе 6Ж14Б (6АС7) имеет следующие данные: $\mu=9\,000$, $R_i=10^6$ *ом*, $R_a=10^4$ *ом*, $R_c=10^6$ *ом*, $C_c=5\,000$ *мкмкф*, $C_ш=10$ *мкмкф*. Определить: а) коэффициент усиления на средних частотах; б) низшую и в) высшую частоты усиливаемого напряжения.

Ответ: а) 90; б) 32 *гц*; в) 1,6 *мггц*.

Усилитель с катодным выходом. Для получения равномерного усиления в широкой полосе частот в усилителях в. ч. на сопротивлениях между отдельными каскадами усиления (обычно на пентодах) включаются каскады с очень малым усилением, большим входным и малым выходным сопротивлениями. Выходное напряжение в этом каскаде снимается с сопротивления в цепи катода. Такой каскад усиления (обычно на триоде) называется усилителем с катодным выходом (фиг. 4-22). Усиление этого каскада определяется формулой



Фиг. 4-22.

$$K=\frac{U_к}{U_c}=\frac{\mu R_к}{R_i+R_к(\mu+1)}. \qquad (4\text{-}70)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

ДОКУМЕНТ №03

Для пентодов μ намного больше единицы, поэтому

$$K \approx \frac{R_к}{\frac{1}{S} + R_к}. \qquad (4\text{-}71)$$

Из формул 4-70 и 4-71 следует, что усиление каскада с катодным выходом всегда меньше единицы.

Выходное сопротивление каскада с катодным выходом

$$R_{вых} = \frac{R_к R_i}{R_i + R_к(\mu + 1)}. \qquad (4\text{-}72)$$

Для каскада на пентоде выходное сопротивление

$$R_{вых} \approx \frac{R_к}{1 + R_к S}. \qquad (4\text{-}73)$$

Задачи.

4-55. Усилитель с катодным выходом собран на лампе 6С2 (6Ж5), для которой $\mu = 20$, $R_i = 10\,000$ *ом*, $R_к = 1\,000$ *ом*. Определить K и $R_{вых}$.

Ответ: $K = 0{,}65$; $R_{вых} = 323$ *ом*.

4-56. В усилителе с катодным выходом работает лампа 6П6Б. Определить: а) усиление каскада; б) выходное сопротивление, если $R_к = 5\,000$ *ом*, $R_i = 78\,000$ *ом* и $S = 2{,}5$ *ма/в*.

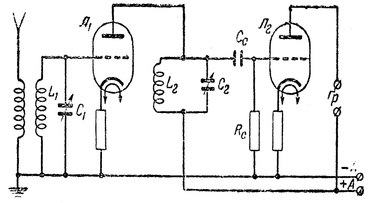
Ответ: а) 0,93; б) 370 *ом*.

Усилитель с настроенным анодным контуром. Коэффициент усиления каскада (фиг. 4-23) приближенно определяется по формуле (4-20а), а более точно—по формуле (4-20), где $R_a = Z_p$.

Согласно формулам (2-63), (2-55) и (2-55а) коэффициент усиления каскада можно подсчитать по одной из следующих формул

$$K = SZ_p = S\frac{L}{CR} = S\frac{1}{2\pi\,\Delta F C} = \frac{S}{C}\cdot\frac{Q}{2\pi f_p} =$$

$$= SX_C Q = \frac{SX_C}{\delta}. \qquad (4\text{-}74)$$



Фиг. 4-23.

Примеры и задачи.

4-57. Каскад усиления высокой частоты на лампе 6Ж11Б с настроенным на частоту 800 *кгц* контуром в цепи анода имеет следующие данные. Общая емкость контура $C = 360$ *мкмкф*, сопротивление потерь контура $R = 10$ *ом*, внутреннее сопротивление лампы $R_i = 900\,000$ *ом*, крутизна $S = 4{,}9$ *ма/в*. Определить: а) резонансное сопротивление контура; б) коэффициент усиления каскада; в) затухание контура; г) добротность контура; д) ширину резонансной кривой.

Решение.

а) Так как при резонансе $\omega^2 LC = 1$, то

$$Z_p = \frac{L}{CR} = \frac{1}{\omega^2 C^2 R} = \frac{1}{(6{,}28\cdot 8\cdot 10^5)^2\cdot(360\cdot 10^{-12})^2\cdot 10} =$$

$$= \frac{1}{25{,}6\cdot 10^{12}\cdot 1296\cdot 10^{-22}\cdot 10} = \frac{10^{10}}{332\,000} = \frac{10^7}{332} = 30\,700 \text{ ом}.$$

б) $K = SZ_p = 4{,}9\cdot 10^{-3}\cdot 30\,700 = 150$.

Далее, согласно формуле (4-74)

в) $\delta = \frac{X_C}{Z_p} = \frac{1}{6{,}28\cdot 8\cdot 10^5\cdot 360\cdot 10^{-12}\cdot 30\,700} = 0{,}018$.

г) $Q = \frac{1}{\delta} = \frac{1}{0{,}018} = 55{,}5$.

д) $\Delta F = \frac{f_p}{Q} = \frac{800}{55{,}5} = 14{,}4$ *кгц*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

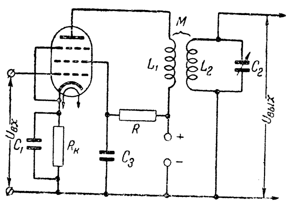
Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

4-58. В каскаде на лампе 6К7Б анодный контур с емкостью 300 *мкмкф* и $R = 10$ *ом* настроен на волну 400 *м*. Лампа имеет $R_i = 0{,}83$ *мгом* и $\mu = 1\,200$. Определить: а) резонансное сопротивление контура; б) усиление каскада; в) затухание контура; г) добротность контура.

Ответ: а) 50 000 *ом*; б) 72,5; в) 0,0141; г) 71.

4-59. Лампа 6Ж17Б работает как усилитель класса А. Крутизна характеристики лампы $S = 1{,}575$ *ма/в*, внутреннее сопротивление $R_i = 0{,}7$ *мгом* при $U_{0a} = 100$ *в*, $U_{0э} = 100$ *в*, $U_{0c} = -3$ *в*. Определить: а) Чему должно быть равно резонансное сопротивление контура, включенного в анодную цепь лампы, чтобы коэффициент усиления напряжения равнялся 90? б) Чему будет равен ток I_a, если амплитуда напряжения на сетке $U_c = 20$ *мв*? в) Чему будет равно напряжение на контуре?



Фиг. 4-24.

Ответ: а) 62 000 *ом*; б) 28,9 *мка*; в) 1,8 *в*.

Усилитель на трансформаторах. а) Трансформатор с настроенным вторичным контуром. В случае применения трансформаторной связи с настроенным контуром во вторичной цепи (фиг. 4-24) коэффициент усиления каскада определяется приближено по формуле

$$K \approx SZ_э, \qquad (4\text{-}78)$$

где

$$Z_э = \frac{\omega MQ_2}{1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_2 R_i}} = \frac{\omega MQ_2}{1 + \frac{R_{вн}}{R_2}} \qquad (4\text{-}79)$$

Здесь $Z_э$ — эквивалентное анодное нагрузочное сопротивление; $Q_2 = \frac{\omega L_2}{R_2}$; $R_{вн} = \frac{\omega^2 M^2}{R_i}$ — сопротивление, вносимое в контур L_2C_2 со стороны первичной цепи.

Если R_i велико (например, при применении пентодов), то

$$Z_э \approx \omega MQ_2 \qquad (4\text{-}80)$$

или на основании формул (1-29), (3-11б) и (2-63)

$$Z_э = \frac{k}{n} Z_p, \qquad (4\text{-}81)$$

где k — коэффициент связи;

n — коэффициент трансформации;

Z_p — резонансное сопротивление контура L_2, C_2.

Примеры и задачи.

4-60. В каскаде усиления в. ч. задачи 4-58 вместо настроенного контура включен трансформатор в. ч., настроенная вторичная цепь которого имеет те же данные, что и контур задачи 4-58. Коэффициент связи $k = 3\%$ и коэффициент трансформации $n = 1$. Определить: а) величину $Z_э$; б) усиление каскада; в) как изменится избирательность каскада.

Решение.

а) $Z_э = 0{,}03 \cdot 50\,000 = 1\,500$ *ом*;

б) $K = \frac{1\,200}{0{,}83 \cdot 10^6} 1\,500 = 2{,}17$;

в) избирательность остается приблизительно той же, так как $R_{вн}$ мало. Добротность контура L_2, C_2 также изменится незначительно.

4-61. В усилителе по схеме фиг. 4-24 используется лампа с крутизной характеристики $S = 2$ *ма/в*. Определить коэффициент усиления каскада на волне $\lambda = 300$ *м*, если коэффициент трансформации $n = 1$, коэффициент связи $k = 0{,}05$, $C_2 = 100$ *мкмкф*, сопротивление потерь вторичного контура $R_2 = 10$ *ом*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

Ответ: 21.

4-62. Усилитель с ненастроенной первичной и настроенной вторичной цепями работает на лампе 6К17Б, имеющей $S=2{,}35$ *ма/в* и $R_i=120\,000$ *ом*. Данные схемы: $L_1=200$ *мкгн*, $L_2=340$ *мкгн*, $R_2=14{,}5$ *ом*, $k=0{,}5$. Чему равно усиление каскада при 1 000 *кгц*?

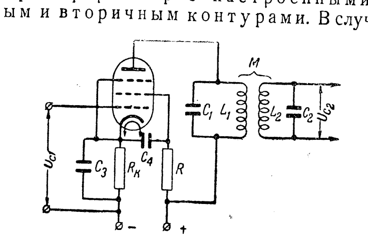
Ответ: 181.

4-63. Чему равно усиление в усилителе предыдущей задачи при

$$k=0{,}7;\quad k=0{,}8;\quad k=0{,}9?$$

Ответ: 226; 228; 226.

б) Трансформатор с настроенными первичным и вторичным контурами. В случае применения трансформаторной связи с настроенными первичной и вторичной цепями (фиг. 4-25) усиление каскада определяется формулой (4-78), для которой



Фиг. 4-25.

$$Z_э=\frac{\omega M}{k^2+\frac{1}{Q_1Q_2}},\tag{4-82}$$

где

$$Q_1=\frac{\omega L_1}{R_1+R_{вн}};\quad Q_2=\frac{\omega L_2}{R_2};\quad k=\frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}.$$

Здесь $R_{вн}$ — сопротивление, вносимое в контур L_1C_1 шунтирующим действием лампы и равное $R_{вн}=\frac{(\omega L_1)^2}{R_i}$. При большом R_i величиной $R_{вн}$ можно пренебречь.

Для получения максимального усиления необходимо, чтобы

$$k=k_{кр}=\frac{1}{\sqrt{Q_1Q_2}}\ \text{[см. формулу (3-12)]}.$$

Тогда

$$Z_э=\frac{\omega\sqrt{L_1L_2Q_1Q_2}}{2}.\tag{4-83}$$

Практически обычно $Q_1=Q_2=Q$, т. е. контуры одинаковы; тогда

$$Z_э=\frac{\omega M}{k^2+\frac{1}{Q^2}},\tag{4-84}$$

и максимальное усиление получается при $k=k_{кр}=\frac{1}{Q}$. В этом случае

$$Z_э=0{,}5\omega MQ^2=0{,}5\omega LQ\tag{4-85}$$

или

$$Z_э=0{,}5Z_p.\tag{4-86}$$

Для получения равномерной полосы пропускания согласно формуле (3-14) необходимо, чтобы

$$Z_э\approx 0{,}25\omega MQ^2\tag{4-87}$$

или

$$Z_э\approx 0{,}25Z_p.\tag{4-88}$$

Примеры и задачи.

4-64. Усилитель промежуточной частоты 460 *кгц* работает на лампе 6К7Б, имеющей $S=1{,}45$ *ма/в*. Данные схемы: $L_1=L_2=800$ *мкгн*, $Q_1=100$, $Q_2=120$ и $k=0{,}016$. а) Чему равно усиление каскада? б) Чему равна ширина пропускаемой усилителем полосы частот?

Решение

а) $$K=Sk\frac{2\pi f_p\sqrt{L_1L_2}}{k^2+\frac{1}{Q_1Q_2}}=$$

$$=\frac{1{,}45\cdot10^{-3}\cdot0{,}016\cdot6{,}28\cdot460\cdot10^3\cdot800\cdot10^{-6}}{0{,}016^2+\frac{1}{100\cdot200}}=158;$$

б) согласно формуле (3-13) $\Delta F_{св}=1{,}2kf_p=1{,}2\cdot0{,}016\cdot460\approx\approx 8,\ 8$ *кгц*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT № 03

4-65. Усилитель промежуточной частоты 460 *кгц* работает на лампе 6К17Б, имеющей $S=2{,}35$ *ма/в*. Данные схемы: $L_1=700$ *мкгн*, $L_2=600$ *мкгн*, $Q_1=70$, $Q_2=100$, $k=0{,}02$. Чему равно усиление?

Ответ: 162.

4-66. а) Чему должно быть равно k в усилителе предыдущей задачи, чтобы получить максимальное усиление K? б) Чему равно K максимальное?

Ответ: а) 0,012; б) 185.

4-67. Намечено использовать в каскаде усиления промежуточной частоты лампу 6К7Б при $U_{0a}=250$ *в*, $U_{0э}=125$ *в* и $U_{0c}=-3$ *в*. Частота $f=460$ *кгц*, $C_1=C_2=119$ *мкмкф*, $k=0{,}02$, $L_1=L_2=1$ *мгн*. Активное сопротивление катушек $R_1=R_2=24$ *ом*. Определить коэффициент усиления каскада.

Решение. Из характеристики лампы находим, что при заданном режиме $S=1{,}65$ *ма/в*, $R_i=600\,000$ *ом*,

$$Q_2=\frac{2\pi fL_2}{R_2}=\frac{6{,}28\cdot 460\cdot 10^3\cdot 1\cdot 10^{-3}}{24}=\frac{2\,890}{24}=120{,}4.$$

Для определения Q_1 предварительно нужно определить сопротивление потерь $R_{вн}$, вносимое лампой в первичный контур. Согласно задаче (2-75)

$$R_{вн}=\frac{X_L^2}{R_i}=\frac{2\,890^2}{6\cdot 10^5}=14\ ом.$$

Следовательно,

$$Q_1=\frac{2\pi fL_1}{R_1+R_{вн}}=\frac{2\,890}{24+14}=76;$$

$$K=\frac{1{,}65\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}02\cdot 6{,}28\cdot 460\cdot 10^3\cdot 10^{-3}}{0{,}02^2+\frac{1}{76\cdot 120{,}4}}=187.$$

4-68. Чему будет равно максимальное возможное усиление в предыдущей задаче?

Ответ: 227.

4-69. Определить максимальное усиление каскада промежуточной частоты задачи 4-66, если $L_1=L_2=650$ *мкгн*, а $Q_1=Q_2=87{,}5$.

Ответ: 194.

4-70. Определить, какую полосу частот пропускает каскад предыдущей задачи.

Ответ: 11 *кгц*.

4-71. Какую полосу частот будет пропускать усилитель задачи 4-70, если $k=1{,}75k_{кр}$?

Ответ: 7,4 *кгц*.

4-72. Каким сопротивлением нужно зашунтировать оба контура задачи 4-72, чтобы получить полосу пропускания задачи 4-71? Какое при этом получится усиление?

Решение. Необходимое

$$Q_э=\frac{1{,}41f_p}{\Delta F_{св}}=\frac{1{,}41\cdot 460}{11}=59,$$

откуда

$$R_э=\frac{\omega L}{Q_э}=\frac{6{,}28\cdot 460\cdot 10^3\cdot 650\cdot 10^{-6}}{59}=\frac{1\,880}{59}=31{,}8\ ом.$$

Для незашунтированного контура

$$R=\frac{1\,880}{87{,}5}=21{,}4\ ом.$$

Таким образом, вносимое сопротивление $R_{вн}=31{,}8-21{,}4=10{,}4$ *ом*.

Шунтирующее сопротивление

$$R_ш=\frac{X_L^2}{R_{вн}}=\frac{1\,880^2}{10{,}4}=340\,000\ ом.$$

Усиление каскада уменьшится и будет равно

$$K=S\frac{k\omega\sqrt{L_1L_2}}{k^2+\frac{1}{Q_1Q_2}}=2{,}35\cdot 10^{-3}\cdot\frac{0{,}0114\cdot 6{,}28\cdot 460\cdot 10^3\cdot 650\cdot 10^{-6}}{0{,}0114^2+\frac{1}{59^2}}=120.$$

4-73. а) Чему должен быть равен коэффициент связи k в усилителе предыдущей задачи, чтобы получить ма-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

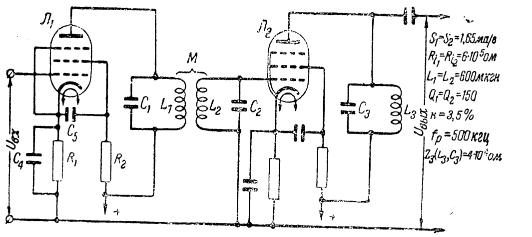
ксимальное усиление? б) Чему будет равно максимальное усиление K?

Ответ: а) 0,017; б) 130.

4-74. а) Чему равна пропускаемая полоса частот в усилителе задачи 4-73, если $k = 1{,}75 k_{кр}$? б) Чему должно быть равно в этом случае $Z_э$? в) Какое усиление получается в этом случае?

Ответ: а) 16,5 *кгц*; б) 27 800 *ом*; в) 65.

4-75. Для получения более равномерного усиления в заданной полосе частот применен двухкаскадный



Фиг. 4-26.

усилитель по схеме фиг. 4-26. Данные схемы указаны на чертеже. Определить коэффициенты усиления: а) первого каскада; б) второго каскада; в) всего усилителя.

Ответ: а) 85,7; б) 61,8; в) 5 300.

Усиление в преобразовательном каскаде. Коэффициент усиления преобразовательного каскада приближенно определяется формулой

$$K \approx S_{пр} Z_э, \qquad (4\text{-}89)$$

где $S_{пр}$ — крутизна преобразования, которая в обычных условиях работы преобразователя равна

$$S_{пр} \approx (0{,}25 - 0{,}3)\, S. \qquad (4\text{-}90)$$

Задачи.

4-76. Лампа 6А5Б (6Л7) при работе в качестве усилителя высокой частоты имеет статическую крутизну характеристики $S = 1{,}2$ *ма/в*. Определить: а) крутизну преобразования, если лампу использовать как преобразователь; б) амплитуду тока промежуточной частоты в цепи анода, если амплитуда напряжения на сигнальной сетке равна 200 *мв*.

Ответ: а) 0,35 *ма/в*; б) 0,07 *ма*.

4-77. Напряжение высокой частоты на сигнальной сетке лампы 6А8Б равно 150 *мкв*. Эквивалентное сопротивление контура промежуточной частоты в анодной цепи лампы равно 150 000 *ом*. Крутизна преобразования равна 0,51 *ма/в*. Определить: а) усиление каскада; б) напряжение на контуре.

Ответ: а) 76,5; б) 11,5 *мв*.

4-78. Пентагрид 6А10 (6SA7) при нулевом смещении на сигнальной сетке имеет крутизну преобразования 0,45 *ма/в*, а при смещении (—35) *в* крутизна преобразования равна 0,002 *ма/в*. Эквивалентное сопротивление контура промежуточной частоты равно 300 000 *ом*. Определить коэффициент усиления в обоих случаях.

Ответ: 135 и 0,6.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ

1. ДИОДНОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ

Напряжение низкой частоты, получаемое на нагрузочном сопротивлении диода при детектировании высокочастотного модулированного напряжения по схемам (фиг. 5-1), определяется по формуле

$$U_{нч} = a m U_{вч}, \qquad (5\text{-}1)$$

где m — коэффициент модуляции;

$a \approx 1$, если нагрузочное сопротивление диода $R_д$ больше, чем внутреннее сопротивление лампы R_i и если произведение

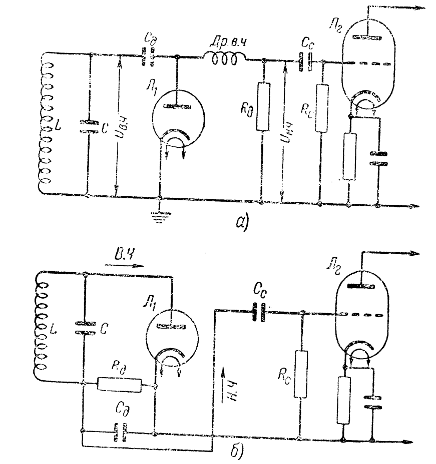
$$R_д C_д \leqslant \frac{1}{\omega_{нч\ макс}}. \qquad (5\text{-}2)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Условие (5-2) показывает, что постоянная времени $R_д C_д$ должна быть значительно меньше периода максимальной модулирующей частоты.



Фиг. 5-1.

Если $U_{вч} > 0{,}3$ *в*, а сопротивление утечки следующей лампы R_c значительно больше, чем нагрузочное сопротивление $R_д$, то для случая параллельной схемы диодного детектора (фиг. 5-1, *а*), его входное сопротивление, шунтирующее контур, равно

$$R_{вх} = \frac{R_д}{3}. \qquad (5\text{-}3)$$

Для случая последовательной схемы диодного детектора (фиг. 5-1,*б*)

$$R_{вх} = \frac{R_д}{2}. \qquad (5\text{-}4)$$

Чтобы детектирование происходило без значительных нелинейных искажений, необходимо выполнение условия

$$m \leqslant \frac{R_э}{R_д}, \qquad (5\text{-}5)$$

где

$$R_э = \frac{R_д R_c}{R_д + R_c}.$$

Примеры и задачи.

5-1. Диодный детектор работает на триодный усилитель низкой частоты с коэффициентом усиления $K = 25$. К диоду подведено высокочастотное модулированное низкой частотой напряжение $U_{вч} = 10$ *в*. Коэффициент модуляции $m = 40\%$. Определить: а) амплитуду переменного напряжения низкой частоты на сетке триода; б) амплитуду переменного напряжения на выходе усилителя низкой частоты.

Решение.

а) $U_{нч} = 0{,}4 \cdot 10 \cdot 1{,}41 = 5{,}65$ *в*;

б) $U_a = U_{нч} \cdot K = 5{,}65 \cdot 25 = 141$ *в*.

5-2. После диодного детектора в приемнике имеется оконечный каскад на пентоде, который отдает полную мощность, если действующее значение переменного напряжения на сетке равно 5 *в*. Определить: а) величину напряжения высокой частоты, которое нужно подать на детектор, если коэффициент модуляции $m = 30\%$; б) какое напряжение высокой частоты необходимо подать на детектор в случае, если оконечный каскад должен отдать лишь половину мощности.

Ответ: а) 16,7 *в*; б) 11,8 *в*.

5-3. К диодному детектору подключен усилитель низкой частоты, имеющий сопротивление утечки 1 *мгом*. Определить: а) максимальную величину сопротивления нагрузки диода постоянному току, если детектирование без искажений должно иметь место для коэффициента

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

модуляции до 70%; б) величину сопротивления, шунтирующего колебательный контур при параллельной и последовательной схемах диодного детектора.

Решение.

а) $m \leqslant \frac{R_э}{R_д} = \frac{R_д R_c}{(R_д + R_c) R_д}$

или

$$(R_д + R_c)\, m = R_c,$$

откуда

$$R_д = \frac{R_c}{m} - R_c = \frac{1}{0,7} - 1 = 0,43\ мгом = 430\,000\ ом;$$

б) $R_ш = R_{вх} = \frac{R_д}{3} = \frac{430\,000}{3} = 143\,000\ ом$

при параллельной схеме и

$$R_ш = R_{вх} = \frac{R_д}{2} = \frac{430\,000}{2} = 215\,000\ ом$$

при последовательной схеме.

5-4. К однополупериодному диодному детектору подведено высокочастотное модулированное напряжение 10 *в*. Глубина модуляции $m = 50\%$. Определить амплитуду напряжения низкой частоты после детектора.

Ответ: 7 *в*.

5-5. Сопротивление нагрузки диода равно 300 000 *ом*. Коэффициент модуляции $m = 70\%$. Определить: а) наименьшее сопротивление утечки последующего каскада усиления, необходимое для получения малых нелинейных искажений; б) каким сопротивлением шунтируется колебательный контур, если схема детектора — параллельная?

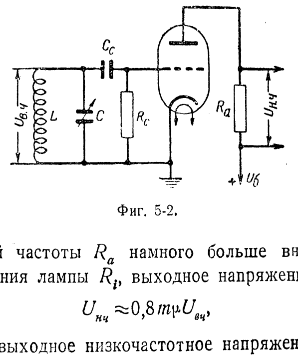
Ответ: а) 700 000 *ом*; б) 100 000 *ом*.

5-6. Определить емкость конденсатора $C_д$ в схеме фиг. 5-1,*б*, если $R_д = 130\,000$ *ом*, $f_{нч\,макс} = 10$ *кгц*.

Ответ: ≈ 100 *мкмкф*.

2. СЕТОЧНОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ

Для сеточного детектирования по схеме (фиг. 5-2) в случае, когда анодное нагрузочное сопротивление



Фиг. 5-2.

для низкой частоты R_a намного больше внутреннего сопротивления лампы R_i, выходное напряжение н. ч.

$$U_{нч} \approx 0,8\, m\mu U_{вч}, \tag{5-6}$$

где $U_{нч}$ — выходное низкочастотное напряжение;
m — коэффициент модуляции;
μ — коэффициент усиления лампы;
$U_{вч}$ — входное высокочастотное напряжение.

Емкость C_c и сопротивление утечки R_c входной цепи сеточного детектора должны быть выбраны так, чтобы произведение

$$R_c C_c \approx \frac{0,5}{f_{нч\,макс}}, \tag{5-7}$$

причем R_c должно быть порядка 0,3—2 *мгом*, а $C_c = (5—10)\ C_{ск}$, где $C_{ск}$ — емкость сетка-катод лампы. При больших коэффициентах модуляции R_c должно быть меньшим, и наоборот.

Задачи.

5-7. В сеточном детекторе применен пентод, имеющий $S = 2$ *ма/в*, $R_i = 200\,000$ *ом*, $\mu = 400$ и нагруженный на сопротивление $R_a = 2$ *мгом*. Какое высокочастотное

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

напряжение необходимо подвести к сетке лампы, чтобы выходное низкочастотное напряжение равнялось 12,4 *в*, если коэффициент модуляции равен 0,6?

Ответ: 0,065 *в*.

5-8. Определить постоянную времени $R_c C_c$ для случая задачи 5-7, если $f_{нч\,макс} = 6\,000$ *гц*.

Ответ: $8{,}3 \cdot 10^{-5}$ сек.

3. ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В СЕТОЧНОМ ДЕТЕКТОРЕ

Если в формуле (4-63) коэффициент обратной связи βK положителен, т. е. напряжение обратной связи $U_{обр}$ совпадает по фазе с напряжением $U_{сигн}$ на входе каскада (положительная обратная связь), то результирующее напряжение на входе каскада возрастает и равно

$$U_c = U_{сигн} + U_{обр} = \frac{U_{сигн}}{1 - \beta K}. \qquad (5\text{-}8)$$

Это равносильно увеличению коэффициента усиления каскада (по высокой частоте) до значения

$$K' = \frac{K}{1 - \beta K}. \qquad (5\text{-}9)$$

При увеличении β коэффициент обратной связи βK возрастает и по мере приближения βK к единице K' неограниченно растет, и в момент, когда $\beta K = 1$, каскад из состояния усиления колебаний переходит к генерации колебаний, т. е. колебания в каскаде будут существовать и при отсутствии сигнала за счет подаваемого обратной связью на вход каскада части выходного напряжения. Это явление носит название **самовозбуждения каскада**.

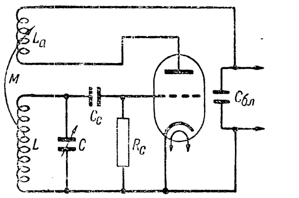
Условие самовозбуждения можно написать в виде

$$\beta = \frac{1}{K}, \qquad (5\text{-}10)$$

где K определяется формулой (4-20).

Задачи и примеры.

5-9. Каскад с обратной связью имеет следующие данные. Крутизна характеристики лампы $S = 2$ *ма/в*, внутреннее сопротивление ее $R_i = 12 \cdot 10^3$ *ом*. В цепь сетки включен колебательный контур с индуктивностью $L = 0{,}1$ *мгн*, емкостью $C = 200$ *мкмкф* и активным сопротивлением $R = 10$ *ом*. Индуктивность включенной в анодную цепь катушки обратной связи $L_a = 0{,}1$ *мгн*. Определить: а) при каком значении β каскад самовозбудится; б) чему при этом должно быть равно напряжение обратной связи, если амплитуда напряжения высокой частоты в анодной цепи равна 25 *в*; в) чему будет равняться коэффициент усиления каскада K' при: 1) $\beta = 0{,}9 \frac{1}{K}$; 2) $\beta = 0{,}95 \frac{1}{K}$; 3) $\beta = 0{,}98 \cdot \frac{1}{K}$; 4) $\beta = \frac{1}{K}$.



Фиг. 5-3.

Решение. а) В данном случае R_a является индуктивной нагрузкой: $X_a = \omega L_a$.

Находим

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0{,}1 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-12}}} = \frac{10^7}{1{,}41} = 7{,}1 \cdot 10^6;$$

$X_a = 7{,}1 \cdot 10^6 \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-3} = 710$ *ом*; $\mu = SR_i = 2 \cdot 10 \cdot 12 \cdot 10^3 = 24$.

Следовательно,

$$K = \frac{\mu X_a}{\sqrt{R_i^2 + X^2}} = \frac{24 \cdot 710}{\sqrt{12\,000^2 + 710^2}} = 1{,}42$$

или

$$\beta = \frac{1}{K} = 0{,}706.$$

б) Напряжение обратной связи, которое должно быть подано на сетку лампы, равно

$$U_{обр} = U_a \beta = 25 \cdot 0{,}706 = 17{,}7 \text{ в}.$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Так как напряжение 17,7 *в* получается в результате усиления в контуре э. д. с. $e_{обр}$, наводимый обратной связью, то $e_{обр} = \frac{U_{обр}}{Q}$, где Q — добротность контура. Величина $e_{обр}$ при данных контуре и катушке обратной связи подбирается изменением связи между ними.

в) $K' = \frac{K}{1-\beta K}$;

1) $K' = \frac{K}{1-\frac{0,9}{K}\cdot K} = \frac{1,42}{0,1} = 14,2$;

2) $K' = \frac{K}{1-\frac{0,95}{K}\cdot K} = \frac{1,42}{0,05} = 28,4$;

3) $K' = \frac{K}{1-\frac{1,98\cdot K}{K}} = \frac{1,42}{0,02} = 71$;

4) $K' = \frac{K}{1-\frac{1}{K}\cdot K} = \frac{1,42}{0} = \infty$ (самовозбуждение).

5-10. Коэффициент усиления по высокой частоте сеточного детектора с обратной связью в восемь раз больше, чем коэффициент усиления при отсутствии обратной связи. а) Чему должна быть равна наводимая в сеточном контуре э. д. с., если его $Q = 100$ и напряжение на сетке при наличии обратной связи равно 0,16 *в*? б) Чему равно β, если коэффициент усиления без обратной связи $K = 21$?

Ответ: а) 0,2 *мв*; б) $\sim$0,042.

5-11. Чувствительность сеточного детектора должна быть повышена с помощью обратной связи в 20 раз; коэффициент усиления без обратной связи равен 30. Определить: а) напряжение на сетке, если напряжение сигнала равно 10 *мв*; б) какое значение должно иметь β?

Ответ: а) 200 *мв* = 0,2 *в*; б) 0,0317 = 3,17%.

5-12. Для каскада задачи 5-11 определить выходное низкочастотное напряжение, если напряжение сигнала на сетке лампы равно 10 *мв*, коэффициент модуляции $m = 0,9$, $\mu = 70$.

Решение.

$$U_c = \frac{U_{сигн}}{1-\beta K} = \frac{10\cdot 10^{-3}}{1-0,0317\cdot 30} = 0,2\ в.$$

Тогда $U_{нч} = 0,8\cdot m\mu U_c = 0,8\cdot 0,9\cdot 70\cdot 0,2 = 10\ в$.

ГЛАВА ШЕСТАЯ
НАСТРАИВАЮЩИЕСЯ ЦЕПИ

Примеры и задачи.

6-1. а) Определить необходимую индуктивность вторичной обмотки трансформатора высокой частоты (предполагая, что распределенная емкость этой обмотки и емкость монтажа равны в сумме 23 *мкмкф*) для получения резонанса на частоте в 1 600 *кгц* при минимальной емкости конденсатора настройки в 17 *мкмкф*; б) какова должна быть максимальная емкость конденсатора настройки для получения резонанса на частоте 550 *кгц*?

Ответ: а) 246 *мкгн*; б) 317 *мкмкф*.

6-2. Конденсатор переменной емкости с начальной емкостью 13,5 *мкмкф* и максимальной емкостью 320 *мкмкф* используется для настройки всеволнового приемника с диапазонами: 530—1 550 *кгц*; 1,5—4,2 *мгц*, 4—11,5 *мгц* и 11—23 *мгц*. Если пренебречь собственной емкостью катушек и емкостью монтажа, то: а) чему должна быть равна индуктивность катушек на каждом диапазоне? б) чему при этих условиях равна наибольшая резонансная частота в каждом диапазоне?

Ответ: а) 281; 35,1; 4,93 и 0,653 *мкгн*. б) 2 580 *кгц*; 7,3; 19,5 и 53,6 *мгц*.

6-3. Контур с максимальной емкостью конденсатора настройки $C_1 = 200$ *мкмкф* предназначается для настройки в диапазоне от 500 от 1 500 *кгц*. Какой необхо-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

димо включить конденсатор C_2 последовательно с C_1 (фиг. 6-1), чтобы можно было при той же индуктивности получить второй диапазон настройки с минимальной частотой 1 500 *кгц*?

Фиг. 6-1.

Решение. При постоянной индуктивности емкость контура обратно пропорциональна квадрату частоты. Поэтому, если обозначить результирующую емкость через C, то можно написать

$$C = \frac{f_{1\,мин}^2}{f_{2\,макс}^2} C_1 = \frac{500^2}{1\,500^2} \cdot 200 = 22{,}2\ мкмкф.$$

Так как

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2},$$

то

$$C_2 = \frac{C_1 C}{C_1 - C} = \frac{22{,}2 \cdot 200}{200 - 22{,}2} \approx 25\ мкмкф.$$

6-4. Минимальная емкость конденсатора настройки контура задачи 6-3 $C_{1\,мин} = 22$ *мкмкф*. Определить: а) чему должна быть равна индуктивность контура? б) чему равна максимальная резонансная частота после включения C_2? в) какой общий диапазон частот перекроет такой контур?

Решение.

а) $$L_{мгн} = \frac{25{,}3 \cdot 10^6}{f_{мин}^2 C_{1\,мкмкф}} = \frac{25{,}3 \cdot 10^6}{500^2 \cdot 200} = 0{,}506\ мгн = 506\ мкгн.$$

б) Из задачи 6-3 известно, что после включения C_2 емкость $C_{макс} = C = 22{,}2$ *мкмкф* и $f_{мин} = 1\,500$ *кгц*;

$$C_{мин} = \frac{C_{1\,мин} C_2}{C_{1\,мин} + C_2} = \frac{22 \cdot 25}{22 + 25} = 11{,}7\ мкмкф.$$

Следовательно,

$$f_{макс} = \frac{159 \cdot 10^3}{\sqrt{LC_{мин}}} = \frac{159 \cdot 10^3}{\sqrt{506 \cdot 11{,}7}} = 2\,060\ кгц.$$

в) Общий перекрываемый контуром диапазон частот равен 500 — 2 061 *кгц*.

6-5. Конденсатор настройки входного контура преобразовательного каскада имеет минимальную емкость 25 *мкмкф* и максимальную емкость 550 *мкмкф*. Емкость монтажа равна 21 *мкмкф*. а) Какую емкость должен иметь включенный параллельно подстроечный конденсатор, если контур должен обеспечить настройку в диапазоне 500 — 1 500 *кгц*? б) Какую индуктивность должна иметь контурная катушка?

Решение

а) $$\frac{f_{макс}}{f_{мин}} = \sqrt{\frac{C_{макс} + C_0}{C_{мин} + C_0}},$$

где C_0 представляет сумму емкостей подстроечного конденсатора и емкости монтажа (включая распределенную емкость катушки).

Подставляя числовые значения, получаем

$$\frac{1\,500}{500} = \sqrt{\frac{550 + C_0}{25 + C_0}}$$

или

$$9 = \frac{550 + C_0}{25 + C_0},$$

откуда $C_0 \approx 41$ *мкмкф*. Следовательно,

$$C_{подстр} = C_0 - C_{монт} = 20\ мкмкф.$$

б) $$L_{мгн} = \frac{25{,}3 \cdot 10^6}{f_{мин}^2 (C_{макс} + C_0)} = \frac{25{,}3 \cdot 10^6}{500^2 (550 + 41)} = 0{,}171\ мгн.$$

6-6. Конденсатор настройки имеет $C_{мин} = 10$ *мкмкф* и $C_{макс} = 100$ *мкмкф*. В каких пределах будет изменяться результирующая емкость контура, если подстроечную емкость $C_1 = 20$ *мкмкф* включить: а) параллельно или б) последовательно с конденсатором настройки? в) В каких пределах будет изменяться частота при индуктивности 506 *мкгн*?

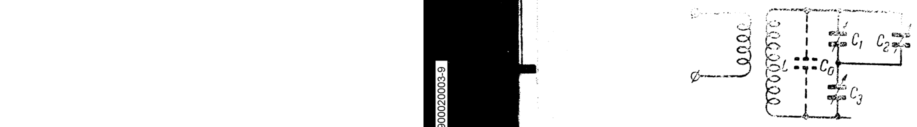
Ответ: а) от 30 до 120 *мкмкф*;
б) от 6,67 до 16,67 *мкмкф*;
в) 645 — 1 290 *кгц* и 1 720 — 2 740 *кгц*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

6-7. Гетеродин супергетеродинного приемника настраивается так, что его частота всегда на 465 *кгц* выше, чем частота принимаемого сигнала в диапазоне 530 — 1 550 *кгц*. Схема контура гетеродина представлена на фиг. 6-2. $L = 200$ *мкгн*, $C_{1\,мин} = 12{,}5$ *мкмкф*, $C_{1\,макс} = 250$ *мкмкф* и $C_2 = 6{,}5$ *мкмкф*. Распределенная емкость контура $C_0 = 15$ *мкмкф*. а) Чему должна быть равна емкость C_3 при настройке приемника на 530 *кгц*? б) При найденном значении C_3 чему будет равна частота гетеродина при настройке приемника на 1 550 *кгц*?



Фиг. 6-2.

Решение.

а) $f_{гет.\,мин} = f_{мин} + 465 = 530 + 465 = 995$ *кгц*;

$$C_{макс} = \frac{25{,}3\cdot 10^9}{f^2_{гет.\,мин} L} = \frac{25{,}3\cdot 10^9}{995^2\cdot 200} = 127{,}7 \text{ мкмкф};$$

$$C_3 = \frac{(C_{1\,макс} + C_2)(C_{макс} - C_0)}{(C_{1\,макс} + C_2) - (C_{макс} - C_0)} = \frac{(250 + 6{,}5)(127{,}7 - 15)}{256{,}5 - 112{,}7} = 201 \text{ мкмкф};$$

б) $$C_{мин} = \frac{(C_{1\,мин} + C_2)\,C_3}{(C_{1\,мин} + C_2) + C_3} + C_0 = \frac{19\cdot 201}{19 + 201} + 15 = 32{,}35 \text{ мкмкф};$$

в) $$f_{гет.\,макс} = \frac{159\cdot 10^3}{\sqrt{LC_{мин}}} = \frac{159\cdot 10^3}{\sqrt{200\cdot 32{,}35}} = 1\,980 \text{ кгц},$$

т. е. вместо 1 550 + 465 = 2 015 получилось 1 980.

6-8. Решить предыдущую задачу для следующих условий. Частота колебаний гетеродина всегда должна быть больше принимаемой на 175 *кгц*. $L = 150$ *мкгн*, $C_{1\,макс} = 320$ *мкмкф*, $C_{1\,мин} = 13{,}5$ *мкмкф* и $C_2 = 20$ *мкмкф*. Распределенная емкость $C_0 = 20$ *мкмкф*.

Ответ: а) 5 440 *мкмкф*; б) 1785 *кгц*.

6-9. Супергетеродинный приемник настроен на радиостанцию с несущей частотой 740 *кгц*. Частота гетеродина равна 1 208 *кгц*. Определить: а) промежуточную частоту; в) частоту зеркальной помехи.

Решение.

а) $f_{пром} = f_{гет} - f_{сигн} = 468$ *кгц*;

б) $f_{зерк} = f_{сигн} + 2f_{пром} = 1\,676$ *кгц*.

6-10. При одной и той же частоте гетеродина супергетеродинный приемник принимает сигналы с частотами $f'_{сигн} = 658$ *кгц* и $f''_{сигн} = 904$ *кгц*. Определить промежуточную частоту.

Ответ: 123 *кгц*.

6-11. Промежуточная частота супергетеродинного приемника равна 468 *кгц*. Приемник настроен на станцию с частотой 1 *мггц*. Определить: а) возможные частоты гетеродина; б) соответствующие зеркальные частоты.

Ответ: а) 1 468 и 532 *кгц*; б) 1 936 и 64 *кгц*.

6-12. Супергетеродинный приемник имеет средневолновый диапазон 1 500 — 500 *кгц* (200 — 600 *м*), длинноволновый диапазон 300 — 150 *кгц* (1 000 — 2 000 *м*) и $f_{пром} = 468$ *кгц*. Определить диапазоны: а) изменения частоты гетеродина и б) зеркальных частот.

Ответ: Для средних волн:

а) 1 968 — 968 *кгц*,

б) 2 436 — 1 436 *кгц*;

для длинных волн:

а) 768 — 618 *кгц*,

б) 1 236 — 1 086 *кгц*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ПИТАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

1. СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ И АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатор. При упрощенном расчете трансформатора для выпрямителя площадь поперечного сечения сердечника (в $см^2$) вычисляется по формуле

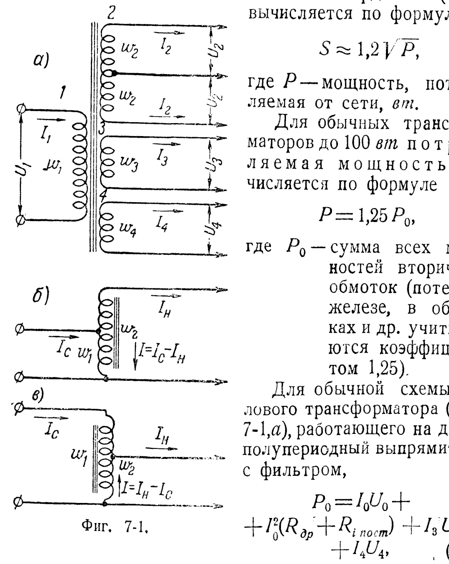
$$S \approx 1{,}2\sqrt{P}, \quad (7\text{-}1)$$

где P — мощность, потребляемая от сети, *вт*.

Для обычных трансформаторов до 100 *вт* потребляемая мощность вычисляется по формуле

$$P = 1{,}25\,P_0, \quad (7\text{-}2)$$

где P_0 — сумма всех мощностей вторичных обмоток (потери в железе, в обмотках и др. учитываются коэффициентом 1,25).



Фиг. 7-1.

Для обычной схемы силового трансформатора (фиг. 7-1,*а*), работающего на двухполупериодный выпрямитель с фильтром,

$$P_0 = I_0U_0 + I_0^2(R_{др} + R_{i\,пост}) + I_3U_3 + I_4U_4, \quad (7\text{-}3)$$

I_0 и U_0 — постоянные ток и напряжение, получаемые от выпрямителя;

$R_{др}$ — сопротивление дросселя фильтра постоянному току;

$R_{i\,пост}$ — внутреннее сопротивление кенотрона постоянному току.

Число витков на вольт вычисляется по формуле

$$w_0 = \frac{450\,000}{B \cdot S}, \quad (7\text{-}4)$$

где S — площадь поперечного сечения сердечника, $см^2$;
B — магнитная индукция в сердечнике трансформатора, *гс*.

Число витков любой обмотки вычисляется по формуле

$$w = w_0U, \quad (7\text{-}5)$$

где U — напряжение обмотки, *в*.

Напряжение повышающей обмотки U_2 можно приближенно считать равным U_0.

Диаметр провода обмотки в миллиметрах вычисляется по формуле

$$d = 0{,}8\sqrt{I}, \quad (7\text{-}6)$$

где I — ток в обмотке, *а*.

При этом ток I_2 в повышающей обмотке равен приблизительно I_0 для двухполупериодной схемы выпрямителя и $2I_0$ для однополупериодной схемы.

Примеры и задачи.

7-1. Напряжение первичной обмотки силового трансформатора, работающего на двухполупериодный выпрямитель, $U_1 = 220$ *в*, частота тока сети $f = 50$ *гц*. Напряжения вторичных обмоток: $U_0 = 300$ *в*, $U_3 = 5$ *в*, $U_4 = 6{,}3$ *в*; токи вторичных обмоток: $I_0 = 0{,}1$ *а*, $I_3 = 2$ *а*, $I_4 = 2$ *а*; сопротивление дросселя фильтра $R_{др} = 200$ *ом*, сопротивление кенотрона $R_{i\,пост} = 175$ *ом*. Требуется определить: площадь поперечного сечения сердечника S, числа витков обмоток w_1, w_2, w_3, w_4 и диаметры проводов всех обмоток: d_1, d_2, d_3 и d_4, если сердечник сделан из обычной трансформаторной стали, допускающей магнитную индукцию $B = 7\,500$ *гс*.

Решение. Потребляемая от сети мощность согласно формуле (7-3) равна

$$P = 1{,}25\,[I_0U_0 + I_3U_3 + I_4U_4 + I_0^2(R_{др} + R_{i\,пост})] = 1{,}25\,(300 \cdot 0{,}1 + 5 \cdot 2 + 6{,}3 \cdot 2 + 0{,}01 \cdot 375) \approx 70\ вт.$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Площадь поперечного сечения сердечника согласно формуле (7-1) $S = 1{,}2\sqrt{70} = 10$ *см²*.

Число витков на вольт [формула (7-4)] $w_0 = \frac{450\,000}{7\,500 \cdot 10} = 6$.

Отсюда согласно формуле (7-5) получаем:

$w_1 = 220 \cdot 6 = 1\,320$; $w_2 = 300 \cdot 6 = 1\,800$; $w_3 = 5 \cdot 6 = 30$ и $w_4 = 6{,}3 \cdot 6 = 38$ витков.

Ток в первичной обмотке вычисляем по формуле

$$I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{70}{220} = 0{,}32 \ a$$

Наконец, по формуле (7-6) определяем диаметры проводов $d_1 = 0{,}8\sqrt{0{,}32} \approx 0{,}45$ *мм*; $d_2 = 0{,}8\sqrt{0{,}1} \approx 0{,}25$ *мм*; $d_3 = d_4 = 0{,}8\sqrt{2} = 1{,}1$ *мм*.

7-2. Допустимая в сердечнике силового трансформатора магнитная индукция $B = 8\,000$ *гс*. Напряжение сети $U_1 = 220$ *в*. Трансформатор работает в схеме двухполупериодного выпрямления и при выпрямленном токе $I_0 = 80$ *ма* напряжение на повышающей обмотке $2U_2 = 2 \cdot 440$ *в*.

Определить: 1) площадь сечения сердечника S; 2) величину тока в первичной обмотке I_1; 3) числа витков обеих обмоток w_1 и w_2; 4) диаметр провода обеих обмоток.

Ответ: $S = 8$ *см²*; $w_1 = 1\,550$; $2w_2 = 2 \times 3\,100$; $I_1 = 0{,}2$ *а*; $d_1 = 0{,}36$ *мм*; $d_2 = 0{,}23$ *мм*.

Автотрансформатор. Упрощенный расчет автотрансформаторов ведется по формулам расчета трансформатора, но формула (7-1) принимает вид

$$S = 1{,}2\sqrt{P(1-n)} \qquad (7\text{-}7)$$

для понижающего автотрансформатора (фиг. 7-1,*в*) и

$$S = 1{,}2\sqrt{P\left(1 - \frac{1}{n}\right)} \qquad (7\text{-}8)$$

для повышающего автотрансформатора (фиг. 7-1,*б*).

Кроме того, токи в цепях автотрансформатора связаны соотношением

$$I_c = I_н \pm I,$$

где I_c — ток в первичной цепи (потребляемый от сети);

$I_н$ — ток во вторичной цепи (ток нагрузки);

I — ток в части обмотки, являющейся общей для обеих цепей.

Знак (+) берется для повышающего, а (—) — для понижающего автотрансформатора.

Примеры и задачи.

7-3. Требуется рассчитать автотрансформатор, повышающий напряжение со 110 на 220 *в* и имеющий мощность $P_0 = 70$ *вт*. Магнитная индукция в сердечнике $B = 10\,000$ *гс*.

Решение. Так как автотрансформатор—повышающий, то при коэффициенте трансформации $n = 2$

$$S = 1{,}2\sqrt{1{,}25\,P_0\left(1 - \frac{1}{n}\right)} = 1{,}2\sqrt{1{,}25\,\frac{70}{2}} = 1{,}2\sqrt{44} = 8 \ см^2.$$

Число витков на вольт равно

$$w_0 = \frac{450\,000}{10\,000 \cdot 8} = 5{,}7.$$

Числа витков обмоток равны:

$w_1 = 110 \cdot 5{,}7 \approx 630$ витков (сетевая часть обмотки);

$w_2 = 630$ витков (повышающая часть обмотки).

Находим токи в частях обмотки

$$I_н = \frac{P_0}{U} = \frac{70}{220} = 0{,}32 \ a.$$

Этот ток проходит через часть обмотки $w_2 - w_1$.

$$Ток \ I_c = \frac{1{,}25 P_0}{U} = \frac{1{,}25 \cdot 70}{110} = 0{,}8 \ a.$$

В части обмотки w_1 ток равен $I_1 = I_c - I_н = 0{,}8 - 0{,}32 = 0{,}48$ *а*.

Диаметр провода частей обмотки равен:

$$d_1 = 0{,}8\sqrt{0{,}48} = 0{,}56 \ мм; \quad d_2 = 0{,}8\sqrt{0{,}32} = 0{,}45 \ мм.$$

Таким образом, диаметр провода сетевой части обмотки автотрансформатора меньше, чем в случае сетевой обмотки обычного трансформатора.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

7-4. Рассчитать автотрансформатор, понижающий напряжение со 127 на 36 *в* и имеющий мощность 60 *вт*. Магнитная индукция $B = 5\,000$ *гс*.

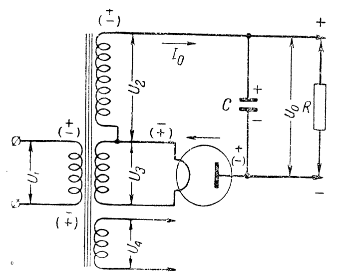
Ответ: $S = 9$ *см*²; $w_1 = 1\,270$ витков;

$w_2 = 360$ витков; $d_1 = 0{,}62$ *мм*;

$d_2 = 0{,}8$ *мм*.

2. ЛАМПОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Среднее значение выпрямленного напряжения для однополупериодного выпрямителя



Фиг. 7-2.

(фиг. 7-2) при отсутствии конденсатора C вычисляется по формуле

$$U_{ср} = \frac{1}{\pi} U_a = 0{,}318\, U_a, \tag{7-9}$$

где U_a — амплитудное значение переменного напряжения.

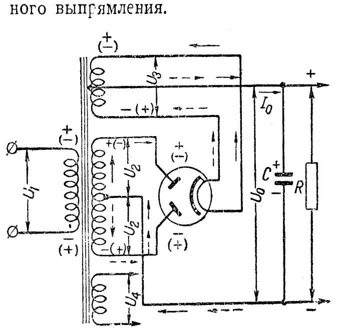
Среднее значение выпрямленного напряжения при двухполупериодном выпрямлении (фиг. 7-3) при отсутствии зарядного конденсатора вычисляется по формуле

$$U_{ср} = \frac{2}{\pi} U_a = 0{,}636\, U_a. \tag{7-10}$$

Амплитуда первой гармоники пульсаций выпрямленного напряжения вычисляется по приближенной формуле

$$U_{a1} = \frac{I_0}{4f'C} = \frac{U_0}{4f'RC}, \tag{7-11}$$

где I_0 — выпрямленный постоянный ток, *а*;
C — емкость конденсатора, *ф*;
U_0 — выпрямленное напряжение, *в*;
R — нагрузочное сопротивление, *ом*;
f' — частота пульсаций, которая при частоте сети 50 *гц* равна 50 *гц* для однополупериодного выпрямления и 100 *гц* — для двухполупериодного выпрямления.



Фиг. 7-3.

Коэффициент пульсаций, равный $\frac{U_{a1}}{U_0}$, вычисляется по формуле

$$\Delta U\% \approx \frac{25 \cdot 10^6}{f'RC}, \tag{7-12}$$

где f' — частота пульсаций, *гц*;
R — нагрузочное сопротивление выпрямителя, *ом*;
C — емкость, *мкф*.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Примеры и задачи.

7-5. Выпрямленный ток при однополупериодном выпрямлении $I_0 = 45$ *ма*. Чему равно напряжение пульсаций, если емкость конденсатора $C = 8$ *мкф*?

Ответ: 28,2 *в*.

7-6. Двухполупериодный выпрямитель работает при напряжении повышающей обмотки 2×300 *в*. Частота сети $f = 50$ *гц*. а) Чему равно среднее значение выпрямленного напряжения при отсутствии зарядного конденсатора? б) Чему равно напряжение пульсаций, если выпрямленный ток $I_0 = 100$ *ма*, а емкость конденсатора $C = 4$ *мкф*?

Решение.

$$U_{ср} = 0{,}636 \cdot 300 \cdot 1{,}41 = 270 \text{ в};$$

$$U_{a1} = \frac{0{,}1}{4 \cdot 100 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 62{,}5 \text{ в}.$$

7-7. Какое напряжение должна иметь повышающая обмотка силового трансформатора двухполупериодного выпрямителя, чтобы среднее значение выпрямленного напряжения было $U_{ср} = 500$ *в*?

Ответ: 2×555 *в*.

7-8. Высоковольтный однополупериодный выпрямитель для электронно-лучевого осциллографа, работающий от сети с частотой 50 *гц*, дает 1 000 *в* выпрямленного напряжения при токе в 1 *ма*. Определить, какую емкость на выходе должен иметь выпрямитель, чтобы коэффициент пульсаций был не более 2%?

Ответ: 0,025 *мкф*.

3. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Коэффициент фильтрации однозвенного фильтра, состоящего из дросселя L и конденсатора C (фиг. 7-4), равен

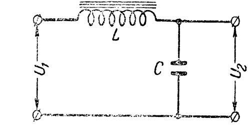
$$a = \frac{U_1}{U_2} = \omega^2 LC - 1 \approx \omega^2 LC, \qquad (7\text{-}13)$$

где U_1 — амплитуда переменной составляющей на входе фильтра;

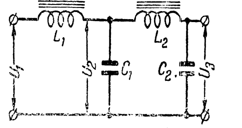
U_2 — амплитуда переменной составляющей на выходе фильтра.

При этом предполагается, что активное сопротивление $R_{др}$ дросселя мало по сравнению с его индуктивным сопротивлением ωL.

Необходимо отметить, что из расчета определяется действующая индуктивность дросселя. При изготовлении дросселя необходимо учесть, что индуктивность падает с увеличением выпрямленного тока (гл. 8, 1).



Фиг. 7-4.



Фиг. 7-5.

Коэффициент фильтрации двухзвенного фильтра L и C (фиг. 7-5)

$$a = a_1 a_2, \qquad (7\text{-}14)$$

где

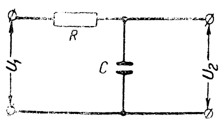
$$a_1 = \frac{U_1}{U_2} \approx \omega^2 L_1 C_1 \quad и \quad a_2 = \frac{U_2}{U_3} = \omega^2 L_2 C_2.$$

Коэффициент фильтрации однозвенного фильтра, состоящего из активного сопротивления R и конденсатора C (фиг. 7-6), равен

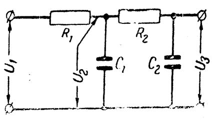
$$a = \frac{U_1}{U_2} = \sqrt{(\omega RC)^2 + 1} \approx \omega RC. \qquad (7\text{-}15)$$

Коэффициент фильтрации двухзвенного фильтра из R и C (фиг. 7-7) определяется по формуле (7-14), но в этом случае

$$a_1 \approx \omega R_1 C_1; \quad a_2 \approx \omega R_2 C_2.$$



Фиг. 7-6.



Фиг. 7-7.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Примеры и задачи.

7-9. К однополупериодному выпрямителю (фиг. 7-2), который при частоте сети $f=50$ *гц* дает напряжение пульсаций $U_1=20$ *в*, приключен фильтр, состоящий из дросселя с индуктивностью 30 *гн* и конденсатора емкостью 16 *мкф*. Определить: а) коэффициент фильтрации; б) величину напряжения пульсаций после фильтра.

Ответ: а) 48: б) 0,43 *в*.

7-10. Двухзвенный фильтр двухполупериодного выпрямителя состоит из двух дросселей с одинаковой индуктивностью L и двух конденсаторов с одинаковой емкостью $C=8$ *мкф* каждый. Коэффициент фильтрации $\alpha=1\,000$. Частота сети — 50 *гц*. Определить индуктивность дросселей.

Решение.

$$\alpha=\alpha_1\alpha_2=\omega^2LC\cdot\omega^2LC=(\omega^2LC)^2,$$

откуда

$$L=\frac{\sqrt{\alpha}}{\omega^2C}=\frac{\sqrt{1\,000}}{4\cdot10^4\pi^2\,8\cdot10^{-6}}=\frac{31{,}6}{0{,}32\pi^2}\approx10\text{ гн}.$$

7-11. Двухзвенный фильтр, состоящий из двух конденсаторов одинаковой емкости и двух сопротивлений $R_1=10\,000$ *ом* и $R_2=20\,000$ *ом*, должен понизить напряжение пульсаций с частотой $f'=100$ *гц* от 0,1 *в* до 50 *мкв*. Какую емкость должны иметь конденсаторы?

Ответ: ≈5 *мкф*.

7-12. Двухполупериодный выпрямитель дает 300 *в* выпрямленного напряжения. Напряжение пульсаций равно 0,8 *в*. От выпрямителя через однозвенный фильтр RC питается усилитель, анодное напряжение которого должно быть 200 *в* при анодном токе 4 *ма*, а напряжение пульсаций должно быть не больше, чем 4 *мв*. Определить величины R и C фильтра. Частота сети $f=50$ *гц*.

Ответ: $R\approx25\,000$ *ом*; $C\approx13$ *мкф*.

7-13. Двухзвенный фильтр, имеющий дроссели с индуктивностью по 10 *гн* каждый и емкости 6 и 8 *мкф*, приключен к однополупериодному выпрямителю, который работает от сети $f=50$ *гц* и дает напряжение пульсаций 60 *в*. Определить: а) общий коэффициент фильтрации, б) напряжение пульсаций после фильтра.

Ответ: а) ≈48; б) $\approx1{,}25$ *в*.

4. ТВЕРДЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Допускаемое обратное напряжение на один элемент купроксного выпрямителя равно приблизительно 5—6 *в* при плотности тока приблизительно $I_0=20$—40 *ма/см*^{2}.

Допустимое обратное напряжение на один элемент селенового выпрямителя равно 15—18 *в* при плотности тока $I_0=20$—25 *ма/см*^{2}.

Допустимый ток через элемент твердого выпрямителя вычисляется по формуле

$$I=0{,}78I_0(D^2-d^2), \qquad (7\text{-}16)$$

где D и d — соответственно наибольший и наименьший диаметры выпрямляющего слоя, *см*.

Для получения больших выпрямленных токов и напряжений элементы твердых выпрямителей соединяются в параллельные и последовательные группы.

При расчете числа элементов для выпрямителя с конденсатором на входе сглаживающего фильтра надо учитывать, что в обычных схемах однополупериодного и двухполупериодного выпрямлений обратное напряжение равно примерно двойному выпрямленному напряжению.

Задачи.

7-14. Требуется собрать однополупериодный селеновый выпрямитель с фильтром для приемника. Сколько понадобится селеновых элементов, имеющих $D=3$ *см* и $d=0{,}6$ *см*, если выпрямленное напряжение и ток должны быть соответственно 300 *в* и 100 *ма*? Как должны быть включены элементы?

Ответ: Не менее 33 элементов, соединенных последовательно.

DOCUMENT №03

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

7-15. Требуется собрать однополупериодный выпрямитель без фильтра для зарядки кислотного аккумулятора на 6 *в* и 80 *ач*. Если применить купроксные элементы, имеющие $D = 5$ *см* и $d = 1{,}2$ *см*, то сколько элементов нужно взять и как их соединить?

Ответ: 16 элементов: две последовательно соединенные группы по восемь элементов параллельно в каждой группе.

7-16. Как осуществить зарядку аккумулятора для случая предыдущей задачи, если напряжение сети переменного тока равно 220 *в*?

Ответ: Так как в конце заряда на каждый элемент аккумулятора необходимо зарядное напряжение 2,4—2,7 *в*, то, учитывая падение напряжения в выпрямительных элементах, следует применить понижающий трансформатор или автотрансформатор на 12 *в* мощностью приблизительно 100 *вт*.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

РАЗНОЕ

1. ТРАНСФОРМАТОРЫ И ДРОССЕЛИ С ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ

При небольшом переменном токе, когда число переменных ампервитков на 1 *см* длины пути магнитного потока не более 0,1 *ав/см*, индуктивность определяется по формуле (1-22). Величина μ берется порядка 400, если постоянный подмагничивающий ток отсутствует, а если через обмотку проходит подмагничивающий ток, то μ определяется из табл. 8-1.

Таблица 8-1

Постоянные подмагничивающие ампервитки $aw_0/см$	0,1	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
μ	400	375	300	250	200	170	140	125	110	100

Пример 8-1. Междуламповый трансформатор с сердечником из пластин Ш-12 имеет в первичной обмотке 3 000 витков. Площадь поперечного сечения сердечника $S = 3$ *см*². Через обмотку проходит постоянный ток $I_0 = 1$ *ма*. Определить: а) μ; б) индуктивность обмотки.

Решение. а) Число постоянных ампервитков на 1 *см* равно

$$aw_0/см = I_0 \frac{w}{l}.$$

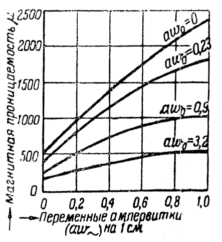
Средняя длина магнитопровода для пластин Ш-12 равна 5,4 *см*.

Тогда $aw_0/см = 1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3\,000}{5{,}4} = 0{,}56$ *ав/см*.

Из табл. 8-1 находим $\mu \approx 368$.

$$б)\ L = \frac{1{,}256\, w^2 S \mu}{l} \cdot 10^{-8}\, гн = \frac{1{,}256 \cdot 3^2 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 368}{5{,}4} \cdot 10^{-8} = 23\ гн.$$

При относительно больших переменных ампервитках ($aw_\sim/см = 0{,}1 - 1{,}0$) и наличии постоянных подмагничивающих ампервитков для обычной трансформаторной стали μ приблизительно можно определить из кривых фиг. 8-1.



Фиг. 8-1.

Пример 8-2. Трансформатор имеет в первичной обмотке 1 800 витков. Сердечник собран из пластин Ш-16. Площадь поперечного сечения сердечника $S = 2{,}6$ *см*². Средняя длина магнитопровода $l = 9{,}6$ *см*.

Определить индуктивность первичной обмотки, если постоянная составляющая тока равна 2 *ма*, а переменная составляющая — 0,85 *ма*.

Решение.

$$\frac{aw_\sim}{l} = \frac{0{,}85 \cdot 10^{-3} \cdot 1\,800}{9{,}6} = 0{,}16\ ав;$$

$$\frac{aw_0}{l} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1\,800}{9{,}6} = 0{,}374\ ав$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Из кривых фиг. 8-1 находим, что μ приблизительно равно 600. Тогда

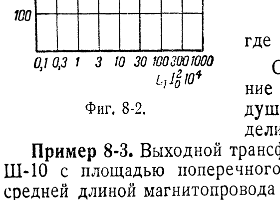
$$L = \frac{1{,}256 \cdot 1\,800^2 \cdot 2{,}6 \cdot 600}{9{,}6} \cdot 10^{-8} = 6{,}6\ гн.$$

Примечание. Практически приходится по заданной индуктивности определять число витков обмотки. Эта задача может быть решена подбором числа витков, так чтобы $\frac{aw_{\sim}}{l}$ и $\frac{aw_0}{l}$ и соответствующее им значение μ обеспечивали заданную индуктивность.

При больших значениях постоянных ампервитков трансформаторы и дроссели необходимо делать с воздушным зазором, оптимальная величина которого приближенно определяется формулой

$$l_з = (10\,l + aw_0) \cdot 10^{-4}\ см, \tag{8-1}$$

где $l_з$ и l — в сантиметрах.



Фиг. 8-2.

Ориентировочное значение μ при оптимальном воздушном зазоре можно определить из графика фиг. 8-2.

Пример 8-3. Выходной трансформатор на сердечнике Ш-10 с площадью поперечного сечения $S = 3{,}3\ см^2$ и средней длиной магнитопровода $l = 16\ см$ имеет индуктивность первичной обмотки $L_1 = 6\ гн$. Постоянный подмагничивающий ток $I_0 = 20\ ма$. Определить: а) оптимальную величину воздушного зазора; б) число витков первичной обмотки.

Решение

$$L_1 I_0^2 \cdot 10^4 = 6 \cdot 20^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 = 24.$$

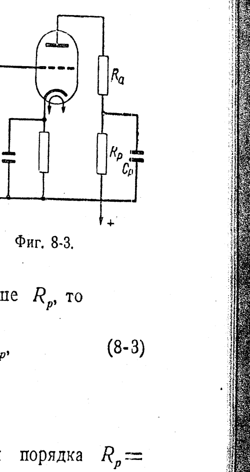
Из графика фиг. 8-2 находим $\mu \approx 245$. Из формулы (1-22) находим число витков

$$w = \sqrt{\frac{L \cdot l \cdot 10^8}{1{,}256\,\mu S}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 16 \cdot 10^8}{1{,}256 \cdot 245 \cdot 3{,}3}} \approx 3\,100\ витков;$$

$$l_з = (10 \cdot 16 + 20 \cdot 10^{-3} \cdot 3\,100)\,10^{-4} = 0{,}022\ см = 0{,}22\ мм.$$

2. РАЗВЯЗЫВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Для уменьшения обратной связи между каскадами через источники питания применяются развязывающие фильтры. Простейший анодный развязывающий фильтр показан на фиг. 8-3. Емкость C_p должна быть выбрана так, чтобы ее сопротивление переменному току низшей частоты было намного меньше, чем сумма развязывающего сопротивления R_p и сопротивления источника питания R_n.



Фиг. 8-3.

Коэффициент фильтрации, характеризующий степень развязывания, определяется как

$$a = \frac{R_p + R_n}{X_C}. \tag{8-2}$$

Так как обычно R_n намного меньше R_p, то

$$a \approx \frac{R_p}{X_C} = 6{,}28 \cdot 10^{-6} f C_p R_p, \tag{8-3}$$

где C_p — *мкф*;
R_p — *ом*.

Величина R_p обычно выбирается порядка $R_p = 0{,}2R_a$, C_p берется от 0,25 до 8 *мкф* для низкочастотных усилителей и от 0,01 до 0,1 *мкф* для усилителей промежуточной и высокой частот.

В случае трехкаскадного усилителя по схеме фиг. 8-4 общий коэффициент фильтрации равен

$$a = a_1 a_2. \tag{8-4}$$

Задачи.

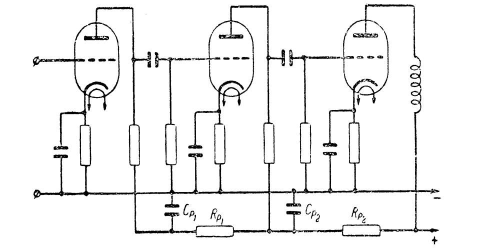
8-4. Развязывающий фильтр состоит из емкости $C_p = 1\ мкф$ и сопротивления $R_p = 50 \cdot 10^3\ ом$. Чему равен коэффициент фильтрации при $f = 100\ гц$?

Ответ: 31,4.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03



Фиг. 8-4.

8-5. Развязывающие фильтры усилителя по схеме фиг. 8-4 имеют данные предыдущей задачи. Определить общий коэффициент фильтрации.

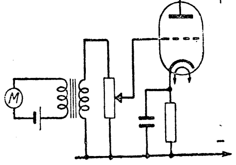
Ответ: 985.

3. МИКРОФОНЫ

Задачи.

8-6. Активное сопротивление звуковой катушки микрофона типа ДМК равно 11 *ом*. С каким коэффициентом трансформации нужно взять микрофонный трансформатор, если микрофон работает на линию с сопротивлением 600 *ом*?

Ответ: $n = 7{,}4$.



Фиг. 8-5.

8-7. Микрофон ММ-2 включен по схеме фиг. 8-5 и развивает напряжение с амплитудой 4 *мв*. Определить: а) коэффициент трансформации микрофонного трансформатора, если на сетку лампы микрофонного усилителя необходимо подать напряжение с амплитудой 100 *мв*? б) какой должен быть коэффициент усиления напряжения, чтобы на нагрузочном сопротивлении в 3500 *ом* оконечного каскада получить мощность 8 *вт*?

Ответ: а) 25; б) 2366.

4. ЗВУКОСНИМАТЕЛИ И ПРОИГРЫВАТЕЛИ

Эффективное напряжение, развиваемое электромагнитным звукоснимателем (фиг. 8-6), подсчитывается по формуле

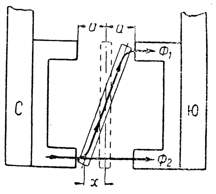
$$U = 4{,}44wf\Phi_м \cdot \frac{x_м}{2a}\, 10^{-8}\ в, \qquad (8\text{-}5)$$

где w — число витков катушки;
f — частота колебаний якоря, *гц*;
$\Phi_м$ — максимальный магнитный поток, *мкс*;
$x_м$ — наибольшее смещение якоря, *мм*;
a — ширина воздушного зазора между якорем и полюсным наконечником, *мм*.

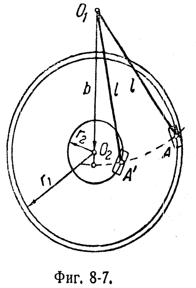
Давление иглы на бороздки пластинки определяется по формуле

$$p = \frac{P}{S}, \qquad (8\text{-}6)$$

где p — давление, *кг/см²*;
P — сила, с которой давит на бороздку игла, *кг*;
S — поверхность соприкосновения иглы с бороздкой, *см²*.



Фиг. 8-6.



Фиг. 8-7.

Расчет положения центра вращения тонарма звукоснимателя в соответствии с фиг. 8-7 производится по формуле

$$b = \sqrt{l^2 - r_1 r_2}, \qquad (8\text{-}7)$$

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№03

где l — рабочая длина тонарма (от центра вращения тонарма до центра крепления иглы);

r_1 — наибольший и r_2 — наименьший радиусы записанной части пластинки.

Вращающий момент мотора $M_{вр}$ (*г-см*), потребляемая от сети мощность P (*вт*), число оборотов в минуту n и к. п. д. η мотора связаны соотношением

$$M_{вр}=\eta\frac{P}{n}\cdot 97\,300 \text{ г-см}. \qquad (8\text{-}8)$$

Примеры и задачи.

8-8. Катушка электромагнитного звукоснимателя имеет 1 500 витков. Максимальный магнитный поток равен 4 500 *мкс*; воздушный зазор равен 0,75 *мм*. Определить величину напряжения на зажимах катушки при частоте $f=50$ *гц* и максимальном смещении якоря 0,1 *мм*.

Ответ: 1,0 *в*.

8-9. Определить давление иглы на бороздку, если поверхность соприкосновения иглы с бороздкой равна 0,005 *мм*², а сила, с которой игла давит на бороздку, равна 100 *г*.

Ответ: 2 000 *кг*/*см*².

8-10. Размеры патефонной части приемника требуют, чтобы центр вращения тонарма находился на расстоянии не более 250 *мм* от центра пластинки. Определить рабочую длину тонарма, если наибольший и наименьший радиусы записанной части пластинки соответственно равны 150 и 50 *мм*.

Решение. Из формулы (8-7)

$$l=\sqrt{b^2+r_1r_2}=\sqrt{625+75}=\sqrt{700}=26,5 \text{ см}=265 \text{ мм}.$$

Таким образом, тонарм должен быть установлен так, чтобы иголка находилась на расстоянии 265—250 = 15 *мм* за центром вращения пластинки.

8-11. Определить мощность, потребляемую патефонным мотором, если $n=78$ об/мин, $M_{вр}=2\,000$ *г-см* и к. п. д. $\eta=12\%$.

Ответ: $P=13,3$ *вт*.

5. ГЕНЕРАТОР РАЗВЕРТКИ С НЕОНОВОЙ ЛАМПОЙ

Для простого генератора развертки по схеме фиг. 8-8,*а* частота и амплитуда пилообразного напряжения (фиг. 8-8,*б*) вычисляются по формулам

$$f\approx\frac{1}{2,3RC\lg\dfrac{U-U_п}{U-U_з}}; \qquad (8\text{-}9)$$

$$U_a=U_з-U_п, \qquad (8\text{-}10)$$

где f — частота пилообразных колебаний, *гц*;

R — зарядное сопротивление, *ом*;

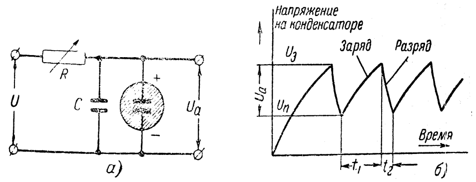
C — емкость, *ф*;

U — напряжение источника постоянного тока, *в*;

$U_з$ — напряжение зажигания, *в*;

$U_п$ — напряжение погасания неоновой лампы, *в*;

U_a — амплитуда пилообразного напряжения, *в*.



Фиг. 8-8.

Примеры и задачи.

8-12. Требуется получить пилообразное напряжение с частотой 600 *гц* от генератора с неоновой лампой. Зарядное сопротивление равно 0,1 *мгом*; напряжение источника постоянного тока — 200 *в*; напряжение зажи-

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

гания и погасания соответственно равны 150 и 145 *в*. Определить: а) амплитуду пилообразного напряжения; б) емкость конденсатора C.

Решение.

а) $U_a = 150 - 145 = 5$ *в*.

б) Согласно формуле (8-9)

$$C = \frac{1}{2{,}3\cdot 10^5\cdot 600\cdot \lg\frac{200-145}{200-150}} = \frac{1}{13{,}8\cdot 10^7 \lg\frac{55}{50}}.$$

Величина логарифма подсчитывается по таблицам следующим образом: $\lg\frac{55}{50} = \lg 55 - \lg 50 = 1{,}7404 - 1{,}699 = 0{,}0405$.

Тогда $C = 0{,}18$ *мкф*.

8-13. Генератор развертки по схеме фиг. 8-8,*а* имеет следующие данные: $R = 0{,}2$ *мгом*, $C = 0{,}1$ *мкф*, $U_з = 87$ *в*, $U_п = 80$ *в*, $U = 110$ *в*. Определить: а) амплитуду и б) частоту пилообразного напряжения.

Ответ: а) $U_a = 7$ *в*; б) $f \approx 188$ *гц*.

6. ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ

Чувствительность электронно-лучевой трубки по вертикальному или горизонтальному отклонению определяется как

$$x = \frac{l}{U} \text{ мм/в}, \qquad (8\text{-}11)$$

где l — величина отклонения луча от первоначального положения, *мм*;

U — напряжение на отклоняющих пластинах, *в*.

Задачи.

8-14. Чувствительность электронно-лучевой трубки 5Л01В (Л0738, 2АР1) при $U_{a2} = 500$ *в* равна по горизонтальному отклонению 0,22 *мм/в* и по вертикальному отклонению 0,26 *мм/в*. а) Какое напряжение нужно подать на вертикально-отклоняющие пластины, чтобы получить отклонение луча $l = 45$ *мм*? б) Какое напряжение нужно

подать на горизонтально-отклоняющие пластины, чтобы получить то же отклонение луча?

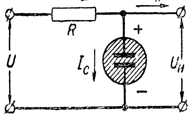
Ответ: а) ≈ 173 *в*; б) ≈ 204 *в*.

8-15. Трубка задачи 8-14 используется для осциллографа, у которого чувствительности по вертикальному и горизонтальному отклонениям должны быть равными соответственно 40 и 8 *мм/в*. Какие коэффициенты усиления должны иметь усилители по вертикальному и горизонтальному отклонениям?

Ответ: 154 и 36,4.

7. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ (СТАБИЛИВОЛЬТЫ)

Стабиливольт включается по схеме фиг. 8-9. Изменение напряжения на нагрузочном сопротивлении в зависимости от изменения напряжения источника постоянного тока определяется по формуле



Фиг. 8-9.

$$\Delta U_н = \frac{R_i}{R}\Delta U, \qquad (8\text{-}12)$$

где R_i — внутреннее сопротивление стабиливольта для переменного тока в рабочем участке, которое при малых изменениях напряжения обычно лежит в пределах 20—150 *ом*;

R — ограничивающее сопротивление, определяемое как

$$R = \frac{U - U_н}{I_н + I_c}. \qquad (8\text{-}13)$$

Здесь U — среднее (нормальное) напряжение источника тока, *в*;

$I_н$ — нормальный ток нагрузки, *а*;

I_c — средний рабочий ток стабилизатора, *а*.

Стабилизация тем лучше, чем больше R, или, иначе — чем больше U.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Пример и задача.

8-16. Для стабилизации применен стабиливольт 150С5-30. Напряжение источника тока $U = 300$ *в*. Определить, какое необходимо включить ограничивающее сопротивление R, если нормальный рабочий ток стабиливольта $I_c = 20$ *ма*, а ток через нагрузку $I_н = 8$ *ма*.

Решение. Напряжение на нагрузочном сопротивлении $U_н = 150$ *в*. Тогда

$$R = \frac{300 - 150}{(20 + 8) \cdot 10^{-3}} = 5\,360 \text{ ом}.$$

8-17. В каких пределах будет изменяться напряжение на нагрузочном сопротивлении в случае задачи 8-16, если напряжение источника тока изменяется в пределах 300 ± 30 *в*, а R_i стабиливольта равно 100 *ом*?

Ответ: $150 \pm 0{,}56$ *в*.

Приложение 1

ТАБЛИЦА ВАЖНЕЙШИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Величина и ее обозначение	Основная единица и ее обозначение	Производные единицы и их обозначения
Ток (I)	Ампер (*а*)	Миллиампер (*ма*) $= 10^{-3}$ *а* Микроампер (*мка*) $= 10^{-6}$ *а*
Заряд (q)	Кулон (*к*)	
Электродвижущая сила (E) и напряжение (U)	Вольт (*в*)	Милливольт (*мв*) $= 10^{-3}$ *в* Микровольт (*мкв*) $= 10^{-6}$ *в* Киловольт (*кв*) $= 10^{3}$ *в*
Сопротивление (R)	Ом (*ом*)	Килоом (*ком*) $= 10^{3}$ *ом* Мегом (*мгом*) $= 10^{6}$ *ом*
Емкость (C)	Фарада (*ф*)	Микрофарада (*мкф*) $= 10^{-6}$ *ф* Пикофарада (*пф*) или микромикрофарада (*мкмкф*) $= 10^{-12}$ *ф* Сантиметр (*см*) $= 1,11$ *мкмкф* (в настоящее время почти не применяется)
Индуктивность (L) и взаимоиндуктивность (M)	Генри (*гн*)	Миллигенри (*мгн*) $= 10^{-3}$ *гн* Микрогенри (*мкгн*) $= 10^{-6}$ *гн*
Магнитный поток (Φ)	Максвелл (*мкс*)	
Магнитная индукция (B)	Гаусс (*гс*)	
Мощность (P)	Ватт (*вт*)	Милливатт (*мвт*) $= 10^{-3}$ *вт* Киловатт (*квт*) $= 10^{3}$ *вт*

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Продолжение

Величина и ее обозначение	Основная единица и ее обозначение	Производные единицы и их обозначения
Энергия (W)	Ватт-секунда (*вт-сек*)	Ватт-час (*втч*) = 3 600 *вт-сек* Гектоватт-час (*гвтч*) = 100 *втч* Киловатт-час (*квтч*) = 1 000 *втч*
Частота (f)	Герц (*гц*)	Килогерц (*кгц*) = 10^3 *гц* Мегагерц (*мггц*) = 10^6 *гц*
Период (T) и время (t)	Секунда (сек.)	
Длина волны (λ)	Метр (*м*)	Дециметр (*дм*) Сантиметр (*см*) Миллиметр (*мм*)

Длина электромагнитной волны (*м*) =

$$= \frac{\text{скорость распространения } (м/сек)}{\text{частота } (гц)} \text{ или}$$

$$\lambda_м = \frac{3 \cdot 10^8}{f_{гц}} = \frac{300\,000}{f_{кгц}} = \frac{300^1}{f_{мггц}}$$

Угловая частота (ω) или радиан в секунду

$$\omega = 2\pi f_{гц} = \frac{2\pi}{T_{сек.}}$$

[1] Скорость распространения электромагнитных волн равна приближенно $3 \cdot 10^8$ *м/сек* только при свободном распространении волн в вакууме или в неионизированном воздухе.

Приложение 2

НАТУРАЛЬНЫЕ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

Угол	sin	tg	ctg	cos	Угол
0,0	0,0000	0,0000	∞	1,0000	90,0
0,5	0,0087	0,0087	114,60	0,9999	89,5
1,0	0,0175	0,0175	57,2900	0,9998	89,0
1,5	0,0262	0,0262	38,1900	0,9997	88,5
2,0	0,0349	0,0349	28,6400	0,9994	88,0
2,5	0,0436	0,0437	22,9000	0,9990	87,5
3,0	0,0523	0,0524	19,0800	0,9986	87,0
3,5	0,0610	0,0612	16,3500	0,9981	86,5
4,0	0,0698	0,0699	14,3000	0,9976	86,0
4,5	0,0785	0,0787	12,7100	0,9969	85,5
5,0	0,0872	0,0875	11,4300	0,9962	85,0
5,5	0,0958	0,0963	10,3850	0,9954	84,5
6,0	0,1045	0,1051	9,5144	0,9945	84,0
6,5	0,1132	0,1139	8,7769	0,9936	83,5
7,0	0,1219	0,1228	8,1443	0,9925	83,0
7,5	0,1305	0,1317	7,5958	0,9914	82,5
8,0	0,1392	0,1405	7,1154	0,9903	82,0
8,5	0,1478	0,1495	6,6912	0,9890	81,5
9,0	0,1564	0,1584	6,3138	0,9877	81,0
9,5	0,1650	0,1673	5,9758	0,9863	80,5
10,0	0,1736	0,1763	5,6713	0,9848	80,0
10,5	0,1822	0,1853	5,3955	0,9833	79,5
11,0	0,1908	0,1944	5,1446	0,9816	79,0
11,5	0,1994	0,2035	4,9152	0,9799	78,5
12,0	0,2079	0,2126	4,7046	0,9781	78,0
12,5	0,2164	0,2217	4,5107	0,9763	77,5
13,0	0,2250	0,2309	4,3315	0,9744	77,0
13,5	0,2334	0,2401	4,1653	0,9724	76,5
14,0	0,2419	0,2493	4,0108	0,9703	76,0
14,5	0,2504	0,2586	3,8667	0,9681	75,5
15,0	0,2588	0,2679	3,7321	0,9659	75,0
15,5	0,2672	0,2773	3,6059	0,9636	74,5
16,0	0,2756	0,2867	3,4874	0,9613	74,0
16,5	0,2840	0,2962	3,3759	0,9588	73,5
17,0	0,2924	0,3057	3,2709	0,9563	73,0
17,5	0,3007	0,3153	3,1716	0,9537	72,5
18,0	0,3090	0,3249	3,0777	0,9511	72,0
18,5	0,3173	0,3346	2,9887	0,9483	71,5
19,0	0,3256	0,3443	2,9042	0,9455	71,0
19,5	0,3338	0,3541	2,8239	0,9426	70,5
20,0	0,3420	0,3640	2,7445	0,9397	70,0
20,5	0,3502	0,3739	2,6746	0,9367	69,5
21,0	0,3584	0,3839	2,6051	0,9336	69,0
21,5	0,3665	0,3939	2,5386	0,9304	63,5
22,0	0,3746	0,4040	2,4751	0,9272	68,0
22,5	0,3827	0,4142	2,4142	0,9239	67,5

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT
№ 03

Продолжение

Угол	sin	tg	ctg	cos	Угол
23,0	0,3907	0,4245	2,3559	0,9205	67,0
23,5	0,3987	0,4348	2,2998	0,9171	66,5
24,0	0,4067	0,4452	2,2460	0,9135	66,0
24,5	0,4147	0,4557	2,1943	0,9100	65,0
25,0	0,4226	0,4663	2,1445	0,9063	65,0
25,5	0,4305	0,4770	2,0965	0,9026	64,5
26,0	0,4384	0,4877	2,0503	0,8988	64,0
26,5	0,4462	0,4986	2,0057	0,8949	63,5
27,0	0,4540	0,5095	1,9622	0,8910	63,0
27,5	0,4617	0,5206	1,9210	0,8870	62,5
28,0	0,4695	0,5317	1,8807	0,8829	62,0
28,5	0,4772	0,5430	1,8418	0,8788	61,5
29,0	0,4848	0,5543	1,8040	0,8746	61,0
29,5	0,4924	0,5658	1,7675	0,8704	60,5
30,0	0,5000	0,5774	1,7321	0,8660	60,0
30,5	0,5075	0,5890	1,6977	0,8616	59,5
31,0	0,5150	0,6009	1,6643	0,8572	59,0
31,5	0,5225	0,6128	1,6319	0,8526	58,5
32,0	0,5299	0,6249	1,6003	0,8480	58,0
32,5	0,5373	0,6371	1,5697	0,8434	57,5
33,0	0,5446	0,6494	1,5399	0,8387	57,0
33,5	0,5519	0,6619	1,5108	0,8339	56,5
34,0	0,5592	0,6745	1,4826	0,8290	56,0
34,5	0,5664	0,6873	1,4550	0,8241	55,5
35,0	0,5736	0,7002	1,4281	0,8192	55,0
35,5	0,5807	0,7133	1,4019	0,8141	54,5
36,0	0,5878	0,7265	1,3764	0,8090	54,0
36,5	0,5948	0,7400	1,3514	0,8039	53,5
37,0	0,6018	0,7536	1,3270	0,7986	53,0
37,5	0,6088	0,7673	1,3032	0,7934	52,5
38,0	0,6157	0,7813	1,2799	0,7880	52,0
38,5	0,6225	0,7954	1,2572	0,7826	51,5
39,0	0,6293	0,8098	1,2349	0,7771	51,0
39,5	0,6361	0,8243	1,2131	0,7716	50,5
40,0	0,6428	0,8391	1,1918	0,7660	50,0
40,5	0,6494	0,8541	1,1708	0,7604	49,5
41,0	0,6561	0,8693	1,1504	0,7547	49,0
41,5	0,6626	0,8847	1,1303	0,7490	48,5
42,0	0,6691	0,9004	1,1106	0,7431	48,0
42,5	0,6756	0,9163	1,0913	0,7373	47,5
43,0	0,6820	0,9325	1,0724	0,7314	47,0
43,5	0,6884	0,9490	1,0538	0,7254	46,5
44,0	0,6947	0,9657	1,0355	0,7193	46,0
44,5	0,7009	0,9827	1,0176	0,7133	45,5
45,0	0,7071	1,0000	1,0000	0,7071	45,0
Градусы	cos	ctg	tg	sin	Градусы

Приложение 3

ЧЕТЫРЕХЗНАЧНЫЕ ЛОГАРИФМЫ

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0 000	0 004	0 009	0 013	0 017	0 022	0 026	0 030	0 035	0 039
101	0 043	0 048	0 052	0 056	0 060	0 065	0 069	0 073	0 077	0 032
102	0 086	0 090	0 095	0 099	0 103	0 107	0 111	0 116	0 120	0 124
103	0 128	0 133	0 137	0 141	0 145	0 149	0 154	0 158	0 162	0 166
104	0 170	0 175	0 179	0 183	0 187	0 191	0 195	0 199	0 204	0 208
105	0 212	0 216	0 220	0 224	0 228	0 233	0 237	0 241	0 245	0 249
106	0 253	0 257	0 261	0 265	0 269	0 273	0 278	0 282	0 286	0 290
107	0 294	0 298	0 302	0 306	0 310	0 314	0 318	0 322	0 326	0 330
108	0 334	0 338	0 342	0 346	0 350	0 354	0 358	0 362	0 366	0 370
109	0 374	0 378	0 382	0 386	0 390	0 394	0 398	0 402	0 406	0 410
110	0 414	0 418	0 422	0 426	0 430	0 434	0 438	0 441	0 445	0 449
11	0 414	0 453	0 492	0 531	0 569	0 607	0 645	0 682	0 719	0 755
12	0 792	0 828	0 864	0 899	0 934	0 969	1 004	1 038	1 072	1 106
13	1 139	1 173	1 206	1 239	1 271	1 303	1 335	1 367	1 399	1 430
14	1 461	1 492	1 523	1 553	1 584	1 614	1 644	1 673	1 703	1 732
15	1 761	1 790	1 818	1 847	1 875	1 903	1 931	1 959	1 987	2 014
16	2 041	2 068	2 095	2 122	2 148	2 175	2 201	2 227	2 253	2 279
17	2 304	2 330	2 355	2 380	2 405	2 430	2 455	2 480	2 504	2 529
18	2 553	2 577	2 601	2 625	2 648	2 672	2 695	2 718	2 742	2 765
19	2 788	2 810	2 833	2 856	2 878	2 900	2 923	2 945	2 967	2 989
20	3 010	3 032	3 054	3 075	3 096	3 118	3 139	3 160	3 181	3 201
21	3 222	3 243	3 263	3 284	3 304	3 324	3 345	3 365	3 385	3 404
22	3 424	3 444	3 464	3 483	3 502	3 522	3 541	3 560	3 579	3 598
23	3 617	3 636	3 655	3 674	3 692	3 711	3 729	3 747	3 766	3 784
24	3 802	3 820	3 838	3 856	3 874	3 892	3 909	3 927	3 945	3 962
25	3 979	3 997	4 014	4 031	4 048	4 065	4 082	4 099	4 116	4 133
26	4 150	4 166	4 183	4 200	4 216	4 232	4 249	4 265	4 281	4 298
27	4 314	4 330	4 346	4 362	4 378	4 393	4 409	4 425	4 440	4 456
28	4 472	4 487	4 502	4 518	4 533	4 548	4 564	4 579	4 594	4 609
29	4 624	4 639	4 654	4 669	4 683	4 698	4 713	4 728	4 742	4 757
30	4 771	4 786	4 800	4 814	4 829	4 843	4 857	4 871	4 886	4 900
31	4 914	4 928	4 942	4 955	4 969	4 983	4 997	5 011	5 024	5 038
32	5 051	5 065	5 079	5 092	5 105	5 119	5 132	5 145	5 159	5 172
33	5 185	5 198	5 211	5 224	5 237	5 250	5 263	5 276	5 289	5 302
34	5 315	5 328	5 340	5 853	5 366	5 378	5 391	5 403	5 416	5 428
35	5 441	5 453	5 465	5 478	5 490	5 502	5 514	5 527	5 539	5 551

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT №03

Продолжение

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	5 563	5 575	5 587	5 599	5 611	5 623	5 635	5 647	5 658	5 670
37	5 682	5 694	5 705	5 717	5 729	5 740	5 752	5 763	5 775	5 786
38	5 798	5 809	5 821	5 832	5 843	5 855	5 866	5 877	5 888	5 899
39	5 911	5 922	5 933	5 944	5 955	5 966	5 977	5 988	5 999	6 010
40	6 021	6 031	6 042	6 053	6 064	6 075	6 085	6 096	6 107	6 117
41	6 128	6 138	6 149	6 160	6 170	6 180	6 191	6 201	6 212	6 222
42	6 232	6 243	6 253	6 263	6 274	6 284	6 294	6 304	6 314	6 325
43	6 335	6 345	6 355	6 365	6 375	6 385	6 395	6 405	6 415	6 425
44	6 435	6 444	6 454	6 464	6 474	6 484	6 493	6 503	6 513	6 522
45	6 532	6 542	6 551	6 561	6 571	6 580	6 590	6 599	6 609	6 618
46	6 628	6 637	6 646	6 656	6 665	6 675	6 684	6 693	6 702	6 712
47	6 721	6 730	6 739	6 749	6 758	6 767	6 776	6 785	6 794	6 803
48	6 812	6 821	6 830	6 839	6 848	6 857	6 866	6 875	6 884	6 893
49	6 902	6 911	6 920	6 928	6 937	6 946	6 955	6 964	6 972	6 981
50	6 990	6 998	7 007	7 016	7 024	7 033	7 042	7 050	7 059	7 067
51	7 076	7 084	7 093	7 101	7 110	7 118	7 126	7 135	7 143	7 152
52	7 160	7 168	7 177	7 185	7 193	7 202	7 210	7 218	7 226	7 235
53	7 243	7 251	7 259	7 267	7 275	7 284	7 292	7 300	7 308	7 316
54	7 324	7 332	7 340	7 348	7 356	7 364	7 372	7 380	7 388	7 396
55	7 404	7 412	7 419	7 427	7 435	7 443	7 451	7 459	7 466	7 474
56	7 482	7 490	7 497	7 505	7 513	7 520	7 528	7 536	7 543	7 551
57	7 559	7 566	7 574	7 582	7 589	7 597	7 604	7 612	7 619	7 627
58	7 634	7 642	7 649	7 657	7 664	7 672	7 679	7 686	7 694	7 701
59	7 709	7 716	7 723	7 731	7 738	7 745	7 752	7 760	7 767	7 774
60	7 782	7 789	7 796	7 803	7 810	7 818	7 825	7 832	7 839	7 846
61	7 853	7 860	7 868	7 875	7 882	7 889	7 896	7 903	7 910	7 917
62	7 924	7 931	7 938	7 945	7 952	7 959	7 966	7 673	7 980	7 987
63	7 993	8 000	8 007	8 014	8 021	8 028	8 035	8 041	8 048	8 055
64	8 062	8 069	8 075	8 082	8 089	8 096	8 102	8 109	8 116	8 122
65	8 129	8 136	8 142	8 149	8 156	8 162	8 169	8 176	8 182	8 189
66	8 195	8 202	8 209	8 215	8 222	8 228	8 235	8 241	8 248	8 254
67	8 261	8 267	8 274	8 280	8 287	8 293	8 299	8 306	8 312	8 319
68	8 325	8 331	8 338	8 344	8 351	8 357	8 363	8 370	8 376	8 382
69	8 388	8 395	8 401	8 407	8 414	8 420	8 426	8 432	8 439	8 445
70	8 451	8 457	8 463	8 470	8 476	8 482	8 488	8 494	8 500	8 506
71	8 513	8 519	8 525	8 531	8 537	8 543	8 549	8 555	8 561	8 567
72	8 573	8 579	8 585	8 591	8 597	8 603	8 609	8 615	8 621	8 627
73	8 633	8 639	8 645	8 651	8 657	8 663	8 669	8 675	8 681	8 686
74	8 692	8 698	8 704	8 710	8 716	8 722	8 727	8 733	8 739	8 745
75	8 751	8 756	8 762	8 768	8 774	8 779	8 785	8 791	8 797	8 802

Продолжение

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
76	8 808	8 814	8 820	8 825	8 831	8 837	8 842	8 848	8 854	8 859
77	8 865	8 871	8 876	8 882	8 887	8 893	8 899	8 904	8 910	8 915
78	8 921	8 927	8 932	8 938	8 943	8 949	8 954	8 960	8 965	8 971
79	8 976	8 982	8 987	8 993	8 998	9 004	9 009	9 015	9 020	9 025
80	9 031	9 036	9 042	9 047	9 053	9 058	9 063	9 069	9 074	9 079
81	9 085	9 090	9 096	9 101	9 106	9 112	9 117	9 122	9 128	9 133
82	9 138	9 143	9 149	9 154	9 159	9 165	9 170	9 175	9 180	9 186
83	9 191	9 196	9 201	9 206	9 212	9 217	9 222	9 227	9 232	9 238
84	9 243	9 248	9 253	9 258	9 263	9 269	9 274	9 279	9 284	9 289
85	9 294	9 299	9 304	9 309	9 315	9 320	9 325	9 330	9 335	9 340
86	9 345	9 350	9 355	9 360	9 365	9 370	9 375	9 380	9 385	9 390
87	9 395	9 400	9 405	9 410	9 415	9 420	9 425	9 430	9 435	9 440
88	9 445	9 450	9 455	9 460	9 465	9 469	9 474	9 479	9 484	9 489
89	9 494	9 499	9 504	9 509	9 513	9 518	9 523	9 528	9 533	9 538
90	9 542	9 547	9 552	9 557	9 562	9 566	9 571	9 576	8 581	9 586
91	9 590	9 595	9 600	9 605	9 609	9 614	9 619	9 624	9 628	9 633
92	9 638	9 643	9 647	9 652	9 657	9 661	9 666	9 671	9 675	9 680
93	9 685	9 689	9 694	9 699	9 703	9 708	9 713	9 717	9 722	9 727
94	9 731	9 736	9 741	9 745	9 750	9 754	9 759	9 763	9 768	9 773
95	9 777	9 782	9 786	9 791	9 795	9 800	9 805	9 809	9 814	9 818
96	9 823	9 827	9 832	9 836	9 841	9 845	9 850	9 854	9 859	9 863
97	9 868	9 872	9 877	9 881	9 886	9 890	9 894	9 899	9 903	9 908
98	9 912	9 917	9 921	9 926	9 930	9 934	9 939	9 943	9 948	9 952
99	9 956	9 961	9 965	9 969	9 974	9 978	9 983	9 987	9 991	9 999
100	0 000	0 004	0 009	0 013	0 017	0 022	0 026	0 030	0 035	0 039
101	0 043	0 048	0 052	0 056	0 060	0 065	0 069	0 073	0 077	0 082
102	0 086	0 090	0 095	0 099	0 103	0 107	0 111	0 116	0 120	0 124
103	0 128	0 133	0 137	0 141	0 145	0 149	0 154	0 158	0 162	0 166
104	0 170	0 175	0 179	0 183	0 187	0 191	0 195	0 199	0 204	0 208
105	0 212	0 216	0 220	0 224	0 228	0 233	0 237	0 241	0 245	0 249
106	0 253	0 257	0 261	0 265	0 269	0 273	0 278	0 282	0 286	0 290
107	0 294	0 298	0 302	0 306	0 310	0 314	0 318	0 322	0 326	0 330
108	0 334	0 338	0 342	0 346	0 350	0 354	0 358	0 362	0 366	0 370
109	0 374	0 378	0 382	0 386	0 390	0 394	0 398	0 402	0 406	0 410
110	0 414	0 418	0 422	0 426	0 430	0 434	0 438	9 441	0 445	0 449

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№03

Приложение 4

ТАБЛИЦА ДЕЦИБЕЛ

дб	Отношение токов и напряжений		Отношение мощностей		дб	Отношение токов и напряжений		Отношение мощностей	
	Усиление	Ослабление	Усиление	Ослабление		Усиление	Ослабление	Усиление	Ослабление
0,1	1,01	0,989	1,02	0,977	4,2	1,62	0,617	2,63	0,380
0,2	1,02	0,977	1,05	0,955	4,4	1,66	0,603	2,75	0,363
0,3	1,03	0,966	1,07	0,933	4,6	1,70	0,589	2,88	0,347
0,4	1,05	0,955	1,10	0,912	4,8	1,74	0,575	3,02	0,331
0,5	1,06	0,944	1,12	0,891	5,0	1,78	0,562	3,16	0,316
0,6	1,07	0,933	1,15	0,871	5,5	1,88	0,531	3,55	0,282
0,7	1,08	0,923	1,17	0,851	6,0	1,99	0,501	3,98	0,251
0,8	1,10	0,912	1,20	0,832	6,5	2,11	0,473	4,47	0,224
0,9	1,11	0,902	1,23	0,813	7,0	2,24	0,447	5,01	0,199
1,0	1,12	0,891	1,26	0,794	7,5	2,37	0,422	5,62	0,178
1,1	1,13	0,881	1,29	0,776	8,0	2,51	0,398	6,31	0,158
1,2	1,15	0,871	1,32	0,759	8,5	2,66	0,376	7,08	0,141
1,3	1,16	0,861	1,35	0,741	9,0	2,82	0,355	7,94	0,126
1,4	1,17	0,851	1,38	0,724	9,5	2,98	0,335	8,91	0,112
1,5	1,19	0,841	1,41	0,708	10,0	3,16	0,316	10,00	0,100
1,6	1,20	0,832	1,44	0,692	11,0	3,55	0,282	12,6	0,079
1,7	1,22	0,822	1,48	0,676	12,0	3,98	0,251	15,8	0,063
1,8	1,23	0,813	1,51	0,661	13,0	4,47	0,224	19,9	0,050
1,9	1,24	0,803	1,55	0,646	14,0	5,01	0,199	25,1	0,040
2,0	1,26	0,794	1,58	0,631	15,0	5,62	0,178	31,6	0,032
2,2	1,29	0,776	1,66	0,603	16,0	6,31	0,158	39,8	0,025
2,4	1,32	0,759	1,74	0,575	17,0	7,08	0,141	50,1	0,020
2,6	1,35	0,741	1,82	0,550	18,0	7,94	0,126	63,1	0,016
2,8	1,38	0,724	1,90	0,525	19,0	8,91	0,112	79,4	0,013
3,0	1,41	0,708	1,99	0,501	20,0	10,00	0,100	100,0	0,010
3,2	1,44	0,692	2,09	0,479	25,0	17,7	0,056	$3{,}16\cdot10^{2}$	$3{,}16\cdot10^{-3}$
3,4	1,48	0,676	2,19	0,457	30,0	31,6	0,032	10^{3}	10^{-3}
3,6	1,51	0,661	2,29	0,436	35,0	56,0	0,018	$3{,}16\cdot10^{3}$	$3{,}16\cdot10^{-4}$
3,8	1,55	0,646	2,40	0,417	40,0	100,0	0,010	10^{4}	10^{-4}
4,0	1,58	0,631	2,51	0,398					

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9

DOCUMENT

№ 03

Цена 6 руб. 10 коп.

Approved For Release 2010/11/15 : CIA-RDP82-00038R000900020003-9